



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

OPTIMALIZACE PŘESEŘÍZENÍ SVAŘOVACÍCH LINEK

OPTIMISATION OF WELDING LINES SWITCH OVER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

TOMÁŠ HANAUER

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAROSLAV KUBÍČEK

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Tomáš Hanauer

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

editel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a
zkusobním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Optimalizace procesu řízení svařovacích linek

v anglickém jazyce:

Optimisation of welding lines switch over

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Robotické svařování se stále více používá i pro menší série svařenců. Významným faktorem
efektivity výroby se jeví také proces řízení výrobní linky při změně produkce. Cílem BP je redukce
 času řízení svařovacích linek o 10%.

Cíle bakalářské práce:

- 1) Analýza současněho stavu svařovacích linek
- 2) Detailní popis jednotlivých procesních kroků linky
- 3) Návrhy opatření pro snížení času řízení linky při změně svařence
- 4) Vyhodnocení návrhů a závěr

Seznam odborné literatury:

- 1) AMBROŽ, Oldřich, B. KANDUS a J. KUBÍ EK. Technologie svařování a zařezání. Ostrava: ZEROSS 2001. 395 s. ISBN 80-85771-81-0
- 2) ONDREJ EK, P. Zváranie ocelí v ochrane plynov. Bratislava. ETERNA PRESS 2003. 202 s. ISBN 80-968359-5-5
- 3) FOLDYNA Václav a kol. Materiály a jejich svařitelnost. Ostrava: ZEROSS 2001. 292 s. ISBN 80-85771-85-3.
- 4) ASM Handbook. Welding, Brazing and Soldering. Vol. 6. USA: ASM, 2003. 1298 s. ISBN 0-87170-382-3
- 5) TUR A, Milan. Špeciálne metódy zvarovania. 1.vyd. Bratislava: ALFA. 1989. 384 s. ISBN 80-05-00097-9
<http://hypertherm.com>
- 6) KÍŽ, R. a P. VÁVRA. Strojírenská příručka. Praha: SCIENTIA. 1998. Svazek 8. 251 s. ISBN 80-7183-054-2
- 7) KOUKAL, J., D. SCHWARZ a J. HAJDÍK. Materiály a jejich svařitelnost. 1. vyd. Ostrava: Český státní ústav s.r.o. Ostrava, VŠB-Technická univerzita Ostrava. 2009. 241 s. ISBN 978-80-248-2025-5.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Kubí ek

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 21.11.2012

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
editel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRACT

HANAUER Tomáš: Optimalizace přeseřzení svařovacích linek.

Projekt vypracovaný v rámci bakalářského studia oboru 2303R002 se zabývá problematikou laserového svařování railů na sériových svařovacích linkách se zaměřením na snížení celkových nákladů na výrobu jednoho kusu. Předkládá návrh na optimalizaci a koordinaci činnosti všech pracovníků podílejících se na tomto procesu. Tato práce je vypracována ve spolupráci s firmou Bosch Diesel s. r. o. v Jihlavě.

Klíčová slova: Rail, vysokotlaký vývod, nízkotlaký vývod, heftovací stroj, svařovací linka, laser.

HANAUER Tomáš: Optimization of welding lines switch-over.

Project worked out in the bachelor degree in 2303R002 deals with laser welding of rails on serial welding lines with focusing on reducing of the total production cost of one piece. The bachelor thesis proposes to optimize and coordinate the activities of all personnel involved in this process. This work is carried out in cooperation with Bosch Diesel s. r. o. in Jihlava.

Keywords: Rail, high-pressure connector, low-pressure connector, tact-welding machine, welding line, laser.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HANAUER, Tomáš: *Optimalizace přeseřazení svařovacích linek*. Brno, 2013. 36s, 3 příloh, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie svařování a povrchových úprav. Vedoucí práce Ing. Jaroslav Kubíček.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Jihlavě dne 21. 5. 2013

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Tomáši Jarošovi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování diplomové (bakalářské) práce.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

1. ÚVOD	10
2. STRUČNÝ POPIS SYSTÉMU COMMON RAIL	11
2.1 Vstřikovač [4]	12
2.2 Vysokotlaké čerpadlo [1]	14
2.2.1 Radiální pístové čerpadlo CP1 [1]	14
2.2.2 Čerpadlo CP1H [4]	15
2.2.3 Čerpadlo CP2 [4]	15
2.2.4 Čerpadlo CP3 [4]	15
2.2.5 Čerpadlo CP4 [4]	15
2.2.5 Čerpadlo CPN5 [4]	16
2.3 Rail [4]	16
2.4 Rail kovaný HFR	16
2.5 Svařovaný rail LWR	17
2.5.1 Základní mechanické vlastnosti oceli [4]	18
2.5.2 Rozdělení generací svařovaného railu	19
3. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU SVAŘOVACÍCH LINEK [3]	24
3.1 Svařovací linka [3]	24
3.2 Výměna přípravků na jednotlivých zařízeních během přeseřízení linky	25
3.2.1 Stanice odporového svařování	25
3.2.2 Heftovací zařízení	26
3.2.3 Svařovací box CO ₂ laseru [3]	28
3.2.4 Dopravník	28
3.3 Popis jednotlivých kontrolních měření a zkoušek pro uvolnění linky po přeseřízení	29
3.3.1 Metalografická zkouška	29
3.3.2 Trhací zkouška [3]	31
3.3.3 Měření rozměrů a zápis výsledků do SPC karet [3]	31
4. DETAILNÍ POPIS JEDNOTLIVÝCH PROCESNÍCH KROKŮ LINKY	32
4.1 Popis jednotlivých svařovacích procesů v lince	32
4.1.2 Heftování – svařování Nd:YAG laserem [3]	33
4.1.3 Svařování CO ₂ laserem [3]	33

5. NÁVRHY OPATŘENÍ PRO SNÍŽENÍ ČASU SEŘÍZENÍ LINKY PŘI ZMĚNĚ SVAŘENCE.....	35
6. VYHODNOCENÍ NÁVRHŮ	36
7. ZÁVĚR.....	37
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	38
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	39
SEZNAM OBRÁZKŮ	40
SEZNAM TABULEK.....	41
SEZNAM PŘÍLOH	42

1. ÚVOD

V současné době je kladen stále větší důraz na životní prostředí, čemuž napomáhá nízká spotřeba paliva a neustále přísnější emisní normy. Výrobci automobilů si jsou vědomi, že tyto normy jsou pro ně závazné. Proto se snaží vyvíjet takové systémy, které budou všechny tyto nároky na životní prostředí splňovat.

Hlavním faktorem, ovlivňujícím nároky a emisní normy, je systém vstřikování paliva. Systémy vstřikování paliva v podstatě ovlivňují průběh hoření paliva, a tím jeho spotřebu, množství výfukových plynů a emisí, které z automobilu vychází.

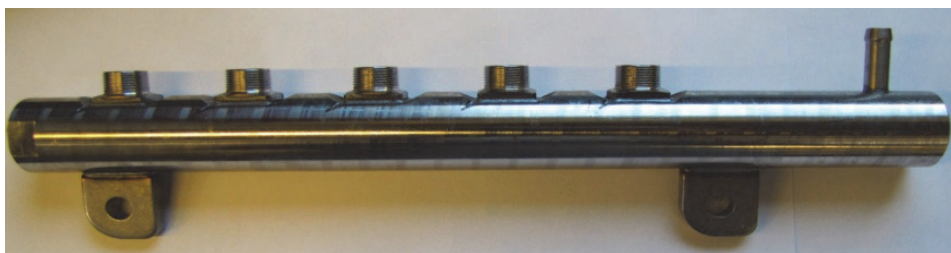
Motory se rozdělují na zážehové (benzínové) a vznětové (dieselové). Bakalářská práce je zaměřena na vznětové motory, především na jejich palivový systém. Jedním z nejznámějších vstřikovacích systémů s efektivním využitím nafty, splňujícím všechny přísné nároky na životní prostředí a spotřebu paliva, je „systém Common rail.“

Systém Common rail dokáže udržet a díky nepřetržitému vývoji zvyšovat hodnoty kompresních poměrů vstřikovacích tlaků paliva. Neustálé zvyšování tlaku paliva v systému vyžaduje nutný vývoj jednotlivých částí samotného systému. Zlepšení jednotlivých částí spočívají ve změně jejich konstrukce a v technologii jejich výroby.

Firma Bosch Diesel s.r.o. Jihlava se zabývá výrobou a montáží tohoto systému určeného pro dieselové motory. Jedná se o montáž vysokotlakých čerpadel (CPx), tlakových zásobníků (RAIL) a tlakových regulačních ventilů (DRV).

Bakalářská práce je zaměřena na tlakový zásobník rail, který firma BOSCH vyrábí od roku 1997, kdy jako jedna z prvních firem na trhu začala dodávat systém Common rail pro osobní, užitkové a nákladní automobily. Výroba railů byla zahájena v Německu ve městě Homburg a od roku 2000 také v Jihlavě. Zpočátku se v Jihlavě vyráběly pouze raily kované a od roku 2004 i raily svařované.

První automatická svařovací linka přišla do Jihlavy na podzim roku 2004. Do poloviny roku 2007 následovaly ještě další 3 automatické svařovací linky. V roce 2011 byla z Homburgu přesunuta pátá, poloautomatická linka. Na těchto provozech se svařuje cca 100 různých typů railů, které se liší jak navařovanými komponenty, tak i odlišným tvarem polotovaru. (Obr.1.1) [3]



Obr. 1.1 Svařovaný rail [3]

V bakalářské práci je chronologicky popsána svařovací linka railů a postup jejího přeseřízení.

Úvodní kapitola se zabývá celým systémem Common rail a jeho jednotlivými částmi.

Následující kapitola se již týká samotného svařovaného railu a postupu přeseřízení svařovací linky z jednoho typu railu na druhý. Je v ní představen i postup uvolnění svařovací linky pro sériovou výrobu nově přeseřezaného typu.

V dalším oddílu jsou navržena opatření pro optimalizaci přeseřezání linek, jež by měla pomoci snížit čas potřebný k přeseřezání a samotnému spuštění svařovacích linek.

V poslední kapitole jsou zhodnoceny jednotlivé návrhy na snížení času přeseřezání z hlediska možného snížení nákladů na výrobu tohoto produktu.

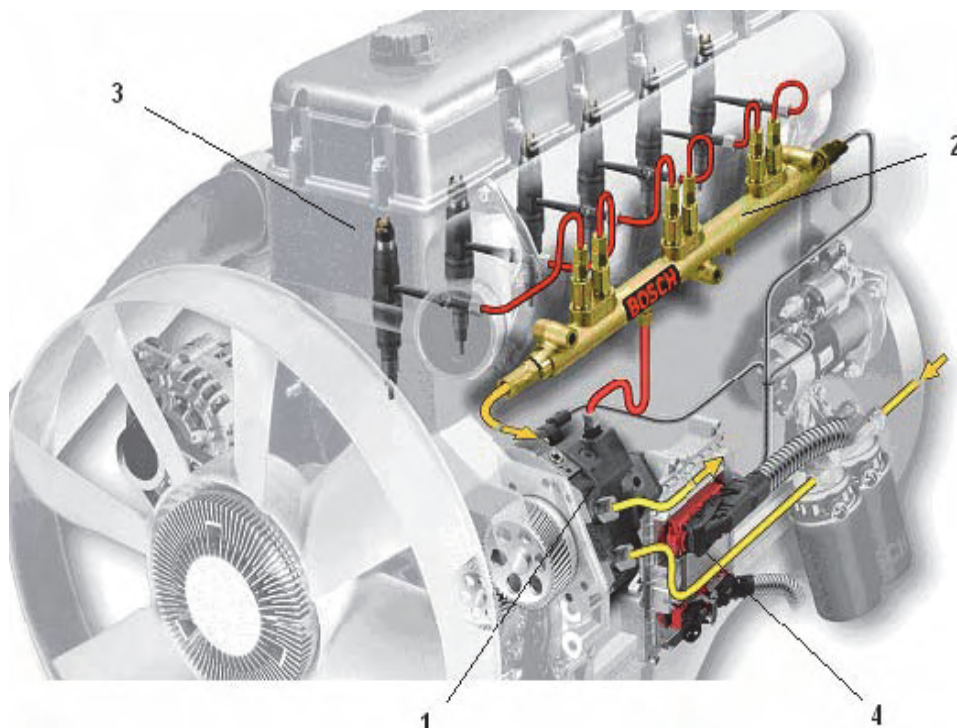
2. STRUČNÝ POPIS SYSTÉMU COMMON RAIL

Systém Common rail [4]

Jedná se o systém vysokotlakého, řízeného a odděleného vstřikování paliva do jednotlivých válců vznětového motoru od firmy BOSCH. Vstřikovací tlak je vytvářen nezávisle na otáčkách motoru a dosahuje hodnot až 2500 barů. Palivo je připraveno ve vysokotlakém zásobníku Rail. Vstřikovaná dávka je určena řidičem, přičemž na počátku vstřiku by měla být co nejmenší (během průtahu vznícení mezi začátkem vstřiku a začátkem hoření). Okamžik vstřiku a vstřikovací tlaky jsou vypočteny z uložených polí hodnot v elektronické řídicí jednotce na základě snímaných veličin a jsou realizovány vstřikovačem do každého válce motoru. Mezi snímané veličiny se zahrnují hlavně otáčky klikové a vačkové hřídele, poloha pedálu, tlak v systému, teplota chladicí kapaliny, snímač množství nasávaného vzduchu a rychlost vozidla.

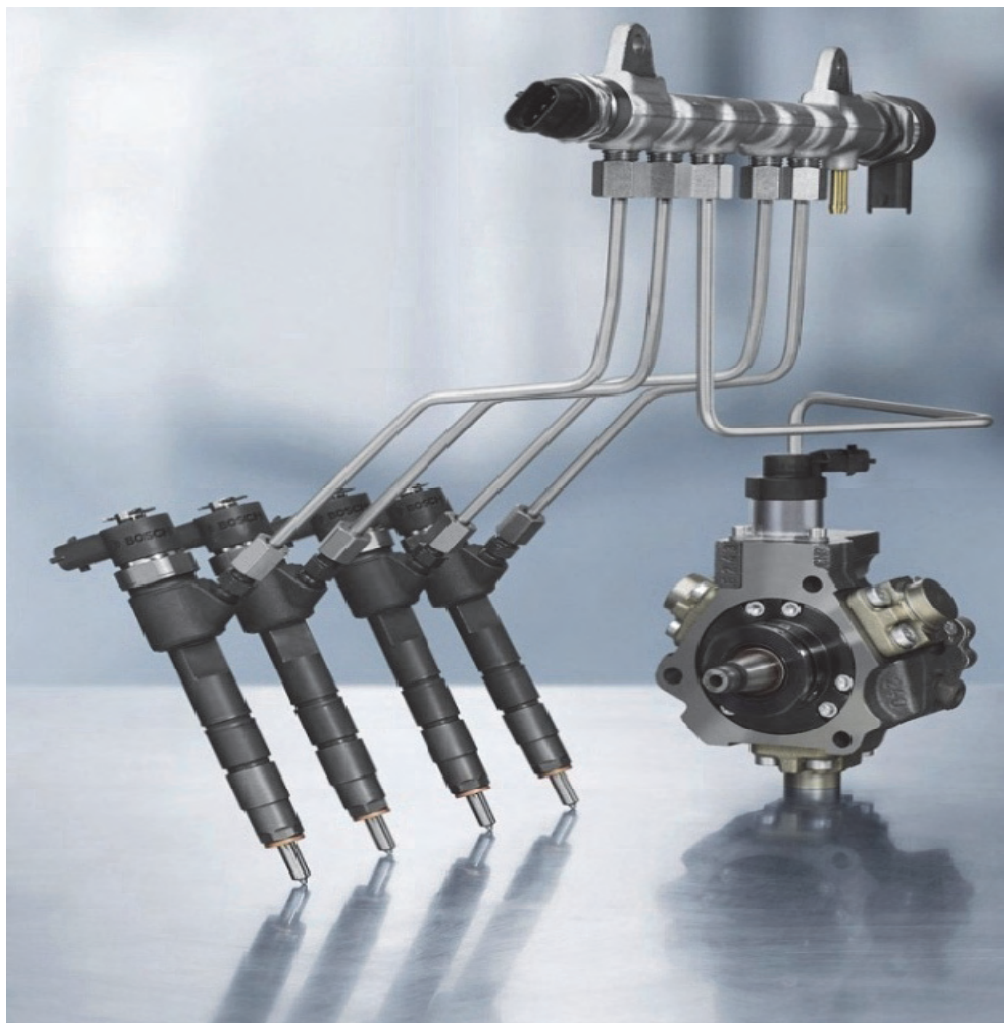
Vysokotlaký systém se skládá ze čtyř základních komponentů: (obr. 2.2) [4]

- 1) Zdroj tlaku – čerpadlo vyvíjející systémový tlak.
- 2) Zásobník tlaku – rail, udržuje během celého průběhu vstřiku téměř konstantní tlak v každé provozní části systému. U určitých variant je v extrémních případech regulován tlakovým regulačním ventilem DRV, čímž je zvyšován komfort.
- 3) Vstřikovací jednotka – řízený elektromagnetický ventil.
- 4) Řídicí jednotka – vyhodnocuje snímané veličiny a stanovuje optimální množství, tlak a okamžik vstřiku.



Obr. 2.2 Systém Common rail [4]

Vysokotlaká část systému Common rail je složena z funkčních bloků, které vytváří systémový tlak, starají se o jeho udržení a následné odměřování paliva. K vytváření systémového tlaku slouží vysokotlaké čerpadlo. Udržování tlaku se provádí pomocí railu, na němž je umístěný snímač tlaku a tlakový regulační ventil, případně pouze ventil omezovací. Vstřikování správného množství je zajišťováno vstřikovači s elektromagnetickým ventilem nebo piezoelektrickým členem. Dopravu paliva mezi jednotlivými vysokotlakými komponenty zajišťuje vysokotlaké vedení.



Obr. 2.3 Komponenty systému Common rail [4]

2.1 Vstřikovač [4]

Vstřikovače zajišťují vstříknutí přesného množství paliva do válce spalovacího motoru. Společně s tlakovým zásobníkem jsou spojeny krátkým vysokotlakým palivovým vedením.

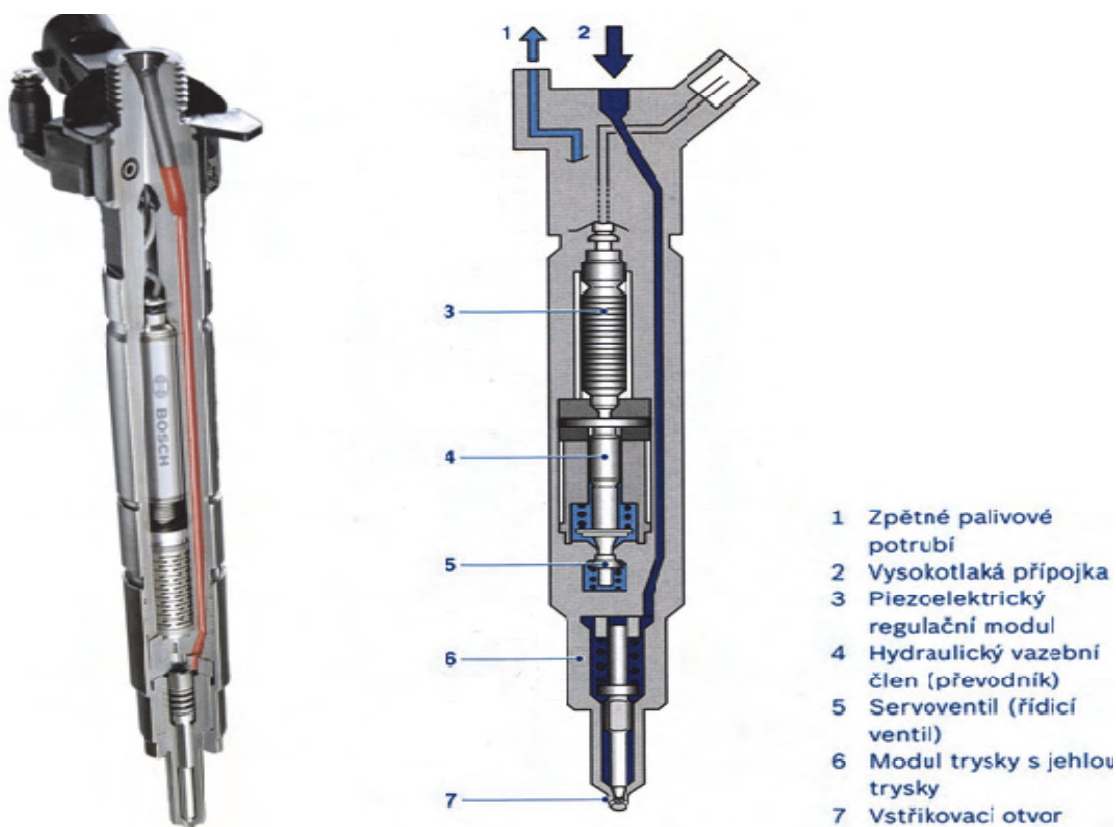
Pomocí upínacích prvků jsou vstřikovače upevněny k hlavě válců. Utěsnění každého vstřikovače je provedeno pomocí těsnící měděné podložky. Spínací ventil, integrovaný ve vstřikovači, jenž ovládá otevírání a zavírání trysky, je ovládán řídicí jednotkou. Množství vstříknutého paliva je dáno dobou otevření vstřikovače a systémovým tlakem. Toto množství je přímo úměrné době sepnutí, a tím nezávislé na otáčkách motoru.

Kvůli současným požadavkům na nízké emise výfukových plynů a nižší hlučnost vznětových motorů je třeba dosáhnout co nejoptimálnějšího složení spalované směsi. Toho lze nejlépe dosáhnout, pokud jsou vstřikovače schopny několikanásobného vstřiku. V současné době umožňují až 8 vstřiků (dle posloupnosti předstřik – hlavní vstřik – následné vstřiky) a používají se dva typy vstřikovačů:

- Elektromagnetický vstřikovač (obr. 2.4)
- Piezoelektrický vstřikovač (obr. 2.5)



Obr. 2.4 Elektromagnetický vstřikovač systému Common rail [4]



Obr. 2.5 Piezoelektrický vstřikovač [4]

2.2 Vysokotlaké čerpadlo [1]

Vysokotlaké čerpadlo tvoří rozhraní mezi nízkotlakou a vysokotlakou částí okruhu. Jeho úkolem je dodávat dostatek paliva při požadovaném tlaku do ostatních vysokotlakých komponentů, a to po celou dobu životnosti vozu. Obsahuje rezervní množství paliva, které je nutné pro rychlejší nastartování a pro rychlý nárůst tlaku v tlakovém zásobníku. Čerpadlo vytváří trvale a nezávisle na vstřikování systémový tlak pro vysokotlaký zásobník. Proto, na rozdíl od jiných systémů, nemusí být palivo v průběhu vstřikování stlačováno. Pro vytváření vysokého tlaku u vstřikovacích systémů pro osobní automobily se používají třípístová radiální čerpadla. U nákladních automobilů pak můžeme najít i čerpadla řadová dvoupístová.

Vysokotlaké čerpadlo je zpravidla montováno na stejné místo, kde bývají i běžná rotační vstřikovací čerpadla. Čerpadlo je poháněno skrze spojku, řetěz nebo ozubený řemen přímo motorem. Otáčky čerpadla jsou tak přímo závislé na otáčkách motoru.

Vysokotlaká radiální pístová čerpadla užívaná u osobních vozů jsou mazána palivem. U nákladních automobilů mohou být vstřikovací čerpadla mazána buď palivem, nebo olejem. Vstřikovací čerpadla mazaná olejem mají lepší odolnost vůči horší kvalitě paliva. [1]

Tab. 2.1 Porovnání vysokotlakých čerpadel systému Common rail [6]

Vysokotlaká čerpadla Bosch systém Common rail		
Čerpadlo	Tlak v barech	Mazání
CP1	1350	Palivo
CP1+	1350	Palivo
CP1H	1600	Palivo
CP1H-OHW	1100	Palivo
CP3.2	1600	Palivo
CP3.2+	1600	Palivo
CP3.3	1600	Palivo
CP3.4	1600	Olej
CP3.4+	1600	Palivo
CP4.x	2000	Palivo
CP2	1400	Olej
CPN2.2	1600	Olej
CPN2.2+	1600	Olej
CPN2.4	1600	Olej

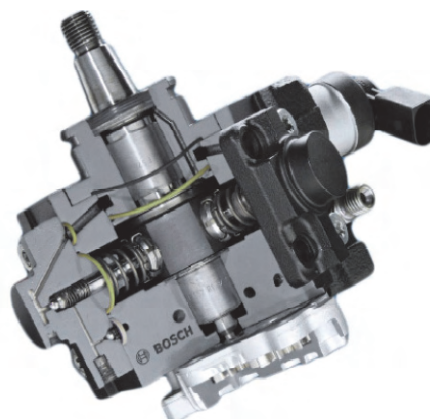
2.2.1 Radiální pístové čerpadlo CP1 [1]

V tělese čerpadla je uložen hnací hřídel. Radiálně k němu jsou po 120° rozmístěny písty s příslušnými komponenty. Na hnacím hřídeli je nasazen výstředník vyvolávající zdvihový pohyb pístů. Přenos síly mezi výstředníkem a pracovními písty je zajištěn pomocí oběžné vačky, kluzného kroužku uloženého na výstředníku a patní desky pístu upevněné na patě pístu. Palivo je do tohoto vysokotlakého čerpadla dodáváno skrze čerpadlo podávací, a to buď palivovým elektrickým čerpadlem (v palivové nádrži automobilu), nebo mechanicky poháněným zubovým čerpadlem (přípevněným pomocí příruby na vysokotlakém čerpadle).

2.2.2 Čerpadlo CP1H [4]

Čerpadlo je určeno pro tlaky až 1600 barů. Díky regulaci množství nasávaného paliva, která je plynule prováděna elektromagnetickým ventilem na sací straně, je zde zlepšena jeho energetická účinnost.

Tato regulace snížila příkon čerpadla, ale i teplotu paliva.



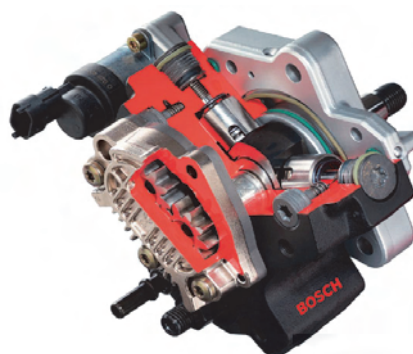
Obr. 2.6 Vysokotlaké čerpadlo CP1H [4]

2.2.3 Čerpadlo CP2 [4]

Dvoupístové řadové vstřikovací čerpadlo promazávané olejem, které se používá v nákladních automobilech.

2.2.4 Čerpadlo CP3 [4]

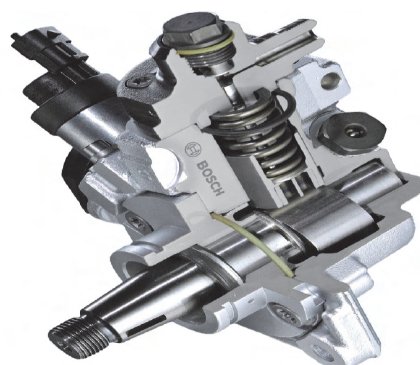
Podobná konstrukce jako u CP1 a CP1H. Liší se monoblokovou konstrukcí, což znamená snížení počtu spojů a otvorů, které je třeba utěsnit. Toto čerpadlo se používá v různých variantách u osobních i nákladních automobilů.



Obr. 2.7 Vysokotlaké čerpadlo CP3 [4]

2.2.5 Čerpadlo CP4 [4]

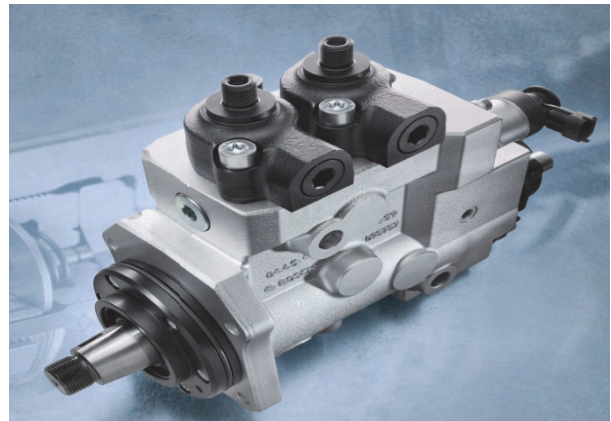
Typ vysokotlakého čerpadla, jež využívá tlaků 1800 a 2000 barů. Čerpadlo má vyšší účinnost dávky paliva než čerpadla CP1 a CP3. Čerpadlo je menší, kompaktnější, nižší hmotnosti a větší tuhosti.



Obr. 2.8 Vysokotlaké čerpadlo CP4 [4]

2.2.5 Čerpadlo CPN5 [4]

Další variantou je čerpadlo CPN5 (obr.2.9). Toto čerpadlo se liší nižším pracovním tlakem (1200 barů). Dalších 2500 barů vzniká až ve vstřikovači.



Obr. 2.9 Vysokotlaké čerpadlo CPN5 [4]

2.3 Rail [4]

Úloha railu [4]

Hlavní úlohou je kumulování paliva pod vysokým tlakem. Vysokotlaké čerpadlo pulzně mění množství paliva. Uvnitř tělesa railu vzniká tlakové kmitání, které musí být samotným tělesem railu pohlcováno. Tím je zajištěno, že při otevření vstřikovače zůstává vstřikovací tlak konstantní. Objem zásobníku musí být optimální, aby vyhověl těmto požadavkům a byl v něm při startu automobilu dostatečně rychle vytvořen tlak. Další funkcí zásobníku je rozdělování paliva do vstřikovačů.

Činnost railu [4]

Z vysokotlakého čerpadla je stlačené palivo přiváděno vysokotlakým vedením do railu. Zde je palivo rozdělováno k jednotlivým vstřikovačům. Tlak paliva je měřen snímačem tlaku a pomocí regulačního tlakového ventilu je regulován na požadovanou hodnotu. Díky vysokému tlaku zůstává objem paliva v railu konstantní. Je využit zásobníkový efekt.

Základní rozdělení

Raily se dělí na dvě základní skupiny dle technologie výroby a materiálu.

- Rail kovaný HFR (Hot Forged Rail)
- Rail svařovaný LWR (Laser Welded Rail)

2.4 Rail kovaný HFR

Polotovarem tohoto railu je výkovek oceli 38MnVS6 + S, který má již základní tvar obrobku (obr. 2.10).



Obr. 2.10 Výkovek [4]

Vlastnosti oceli 38MnVS6 + S:

- feriticko-perlitická ocel 38MnVS6
- pevnost v tahu 800 až 950 MPa
- tvrdé chromování plochy o více než 900 HV nabízí dobrou pevnost s vynikající odolností proti opotřebení a dobrou odolností proti korozi.

Operace prováděné při obrábění railu:

- hluboké vrtání
- axiální a radiální obrábění
 - vrtání
 - frézování
 - vystružování
 - obrábění nebo tažení závitů
- kartáčování
- výstupní vizuální kontrola

Zinkování – galvanické pokovování NiZn, nebo silnější vrstva pasivovaného Zn. Je prováděno v kooperaci.

Operace prováděné před montáží:

- odjehlení na AFM LIQUID – odjehlování vnitřních děr abrazivem (brusná pasta).
- autofretáž railů – spočívá ve vyvolání pružně-plastických deformací v dutině railu. V railu vzniknou zbytková napětí, čímž se zvyšuje cyklická pevnost až o 30%. Pro autofretáž jsou vhodné materiály s dostatečnou tažností, zejména chrom-niklové nebo austenitické oceli. Autofretážní tlak je přiváděn buď některou z uzavíracích zatek, nebo jedním z funkčních otvorů railu. Velikost autofretážního tlaku několikanásobně převyšuje tlak systémový. Vysoký tlak vyvolá v dutině tělesa railu pružně-plastické deformace. Ty vytváří lokální pnutí, což způsobí zpevnění napovrchu, které pak následně působí proti tlaku provozní kapaliny. Velikost hydraulického tlaku je 8000 barů.
- kontrola axiálního a radiálního obábění pomocí endoskopu
- lisování tlumičů do vysokotlakých vývodů
- lisování nízkotlakých vývodů

Operace montáže railů:

- Montáž jednotlivých uzavíracích nebo regulačních součástí dle požadavku zákazníků.

2.5 Svařovaný rail LWR

Základní polotovár svařovaného railu je válcovaná ocelová tyč. Z ocelárny je dodávána ve formě šestimetrové tyčoviny o průměrech 30 a 33 mm. V kooperačním závodě je nařezána na rozměr s přídatkem pro obrábění. Nejčastěji využívaný materiál pro výrobu svařovaného railu a jeho navařovaných komponentů je ocel s označením 20MnCrS5+HH. Jedná se o nízkolegovanou ušlechtilou mangan-chromovou ocel s obsahem uhlíku 0,2%.

Číselné označení materiálu je 1.7149.

Vychází z normy DIN EN 10084.

Dle označení podle ČSN odpovídá materiálu 14 221.

2.5.1 Základní mechanické vlastnosti oceli [4]

Tab. 2.2 Tabulka základních mechanických vlastností oceli 20MnCrS5 [7]

Základní mechanické vlastnosti dle Q03 (interní označení firmy Bosch)		
Mez pevnosti	R_m	1050 – 1150 N.mm ⁻²
Mez kluzu	R_e	870 N.mm ⁻²
Tažnost	A	9 %
Tvrдость	HB	330 – 360HBW

Tato ocel se využívá pro středně a více namáhané díly motorových vozidel a strojních součástí určených k cementování s vyšší pevností v jádře. Prokalitelnost je možná až do hloubky 40 mm. [2]

Operace prováděné při obrábění railu:

- hluboké vrtání
- kompletní axiální a radiální obrábění
- kartáčování
- praní
- výstupní vizuální kontrola
- autofretáž

Operace svařování:

- praní
- odporové svařování
- heftování
- svařování CO₂ laserem
- výstupní vizuální kontrola

Zinkování – galvanické pokovování NiZn, nebo silnější vrstva pasivovaného Zn. Je prováděno v kooperaci.

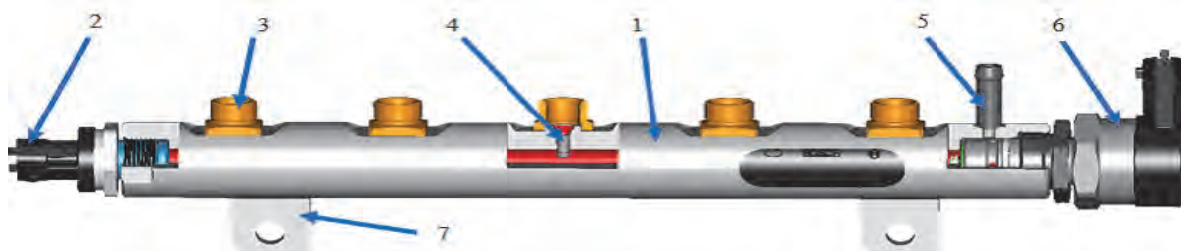
Operace prováděné před montáží:

- kontrola axiálního a radiálního vrtání pomocí endoskopu
- lisování tlumičů do kuželů děr vysokotlakých vývodů

Operace montáže railů:

Montáž jednotlivých uzavíracích nebo regulačních součástí dle požadavku zákazníků.

Hlavní částí svařovaného railu je obrobený dílec, na který jsou navařovány jednotlivé komponenty (obr. 2.11)



Obr. 2.11 Hlavní komponenty vysokotlakého zásobníku paliva Rail (LWR) [4]

1 - hlavní obrobený dílec; 2 - snímač tlaku; 3 - vysokotlaký vývod (VT); 4 - tlumič hydraulických rázů; 5 - nízkotlaký vývod (NT); 6 – regulační tlakový ventil; 7 - úchyt k motoru

2.5.2 Rozdělení generací svařovaného railu

Svařovaný rail se rozděluje do čtyř generací. Tyto generace určují jmenovité tlaky, pro které jsou raily určeny.

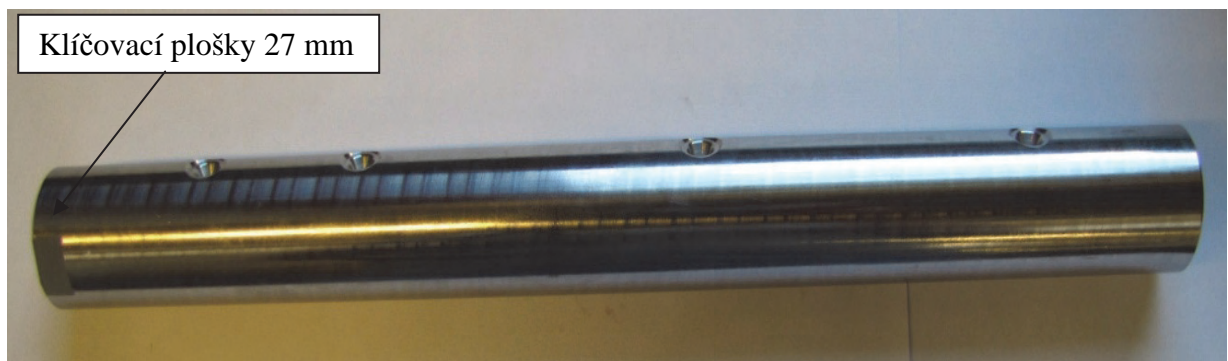
Rozdělení jednotlivých komponentů svařovaného railu:

- obrobené dílce (trubky)
- vysokotlaké vývody (VT)
- nízkotlaké vývody (NT)
- úchyty

1) Základní rozdělení obrobených dílců:

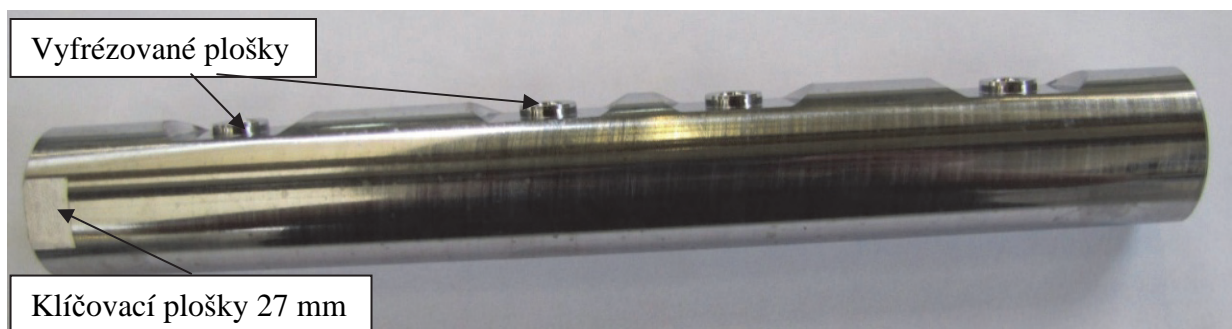
Obrobené dílce se dělí podle jejich průměru a rozteče klíčovacích plošek.

- **Raily 2. generace** – používají se obrobené dílce Ø 30 mm bez vyfrézovaných plošek pro VT vývody, rozteč klíčovacích plošek je 27 mm. Jsou určeny pro jmenovitý tlak do 1600 barů. (obr. 2.12). Tato generace railů je postupně nahrazována generací railů 2/3.



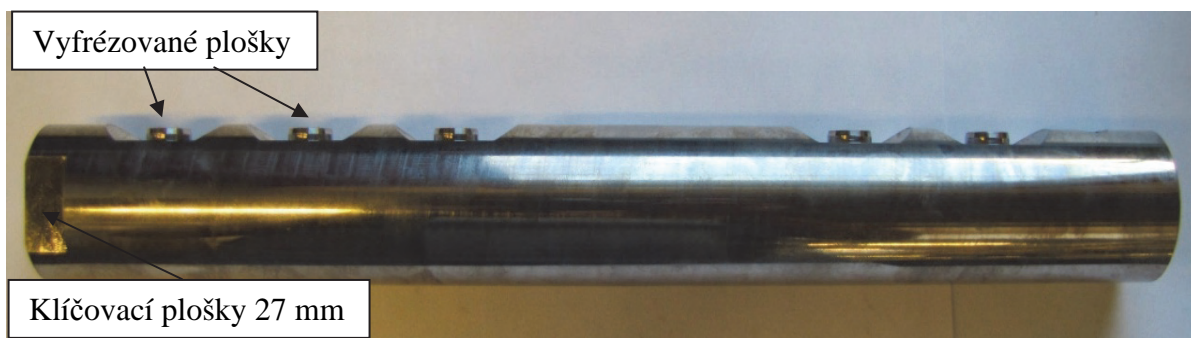
Obr. 2.12 Obrobený dílec 2. generace

- **Raily 2/3. generace** – používají se obrobené dílce Ø 30 mm s vyfrézovanými ploškami pro VT vývody, rozteč klíčovacích plošek je 27 mm. Jsou určeny pro jmenovitý tlak do 1800 barů. (obr.2.13) V současné době se jedná o nejrozšířenější generaci railů.



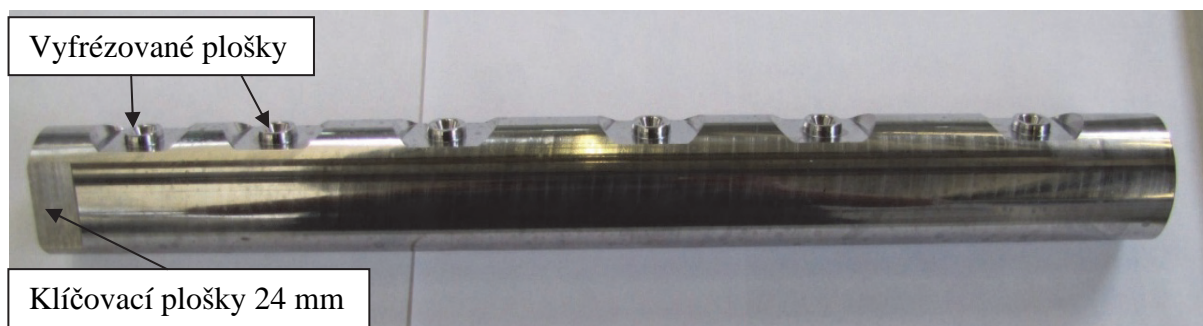
Obr. 2.13 Obrobený dílec 2/3. generace

- **Raily 3. generace** – používají se obrobené dílce Ø 33 mm s vyfrézovanými ploškami pro VT vývody, rozteč klíčovacích plošek je 27 mm. Jsou určeny pro jmenovitý tlak do 2000 barů. (obr. 2.14) V současné době se používají především pro užitková a nákladní vozidla.



Obr. 2.14 Obrobený dílec 3. generace

- **Raily 3. generace** – používají se obrobené dílce Ø 33 mm s vyfrézovanými ploškami pro VT vývody, rozteč klíčovacích plošek je 24 mm. Jsou určeny pro jmenovitý tlak do 2000 barů. (obr. 2.15) V současné době se používají především pro užitková a nákladní vozidla.



Obr. 2.15 Obrobený dílec 3. generace

Každý z obrobených dílců má různou délku a rozteč děr pro vysokotlaké vývody v závislosti na konečném typu railu a požadavcích jednotlivých zákazníků.

2) Základní rozdělení vysokotlakých vývodů:

Vysokotlaké vývody se dělí podle tvaru soklu a podle velikosti vnějšího závitu. Na obrobený dílec jsou heftovány Nd:YAG laserem a poté svařovány CO2 laserem, což znatelně zvýší pevnost svaru a zaručí, že se daný komponent při vysokém tlaku neutrhne. Pozice svaru a délka svaru je kontrolována destruktivní metalografickou zkouškou. Každý VT vývod má definovanou minimální délku a pozici svaru takovou, aby byl každý svar rovnoměrně rozlit mezi obrobený dílec a komponent.

Pevnost svaru v tahu se zkouší pomocí destruktivní trhací zkoušky. Stejně jako délka a pozice svaru je i pevnost svaru jednotlivých komponent přesně definována.

Vysokotlaký vývod M14 (Obr. 2.16)

- Vývod, který se navařuje na průměr obrobeného dílce bez vyfrézovaných plošek. Používá se výhradně pro typy railů 2. generace, tzn. pro tlaky do 1600 barů. Tyto vývody jsou vyráběny tvářením materiálu za studena.
- Minimální definovaná délka svaru je 3,2 mm.



Obr. 2.16 VT vývod M14

Vysokotlaký vývod M15 (Obr. 2.17)

- Vývod, který se navařuje na vyfrézované plošky obrobeného dílce. Používá se pro typy railů 2/3. generace, tzn. pro tlaky 1800 barů. Tento vývod je tvářen a následně obráběn.
- Minimální definovaná délka svaru je 3,2 mm.



Obr. 2.17 VT vývod M15

Vysokotlaký vývod M16 (Obr. 2.18)

- Vývod, který se navařuje na vyfrézované plošky obrobeného dílce. Používá se pro typy railů 2/3. generace, tzn. pro tlaky 1800 barů. Tento vývod je tvářen a následně obráběn.
- Minimální definovaná délka svaru je 3,2 mm.



Obr. 2.18 VT vývod M16

Vysokotlaký vývod M18 (Obr. 2.19)

- Vývod, který se navařuje na vyfrézované plošky obrobeného dílce. Používá se pro typy railů 3. generace, tzn. pro tlaky 2000 barů. Tento vývod je tvářen a následně obráběn.
- Minimální definována délka svaru je 3,8 mm.



Obr. 2.19 VT vývod M18

3) Základní rozdělení nízkotlakých vývodů:

Nízkotlaké vývody se dělí podle velikosti a tvaru. Tento dílec je na rail navařován odporovým svařováním. Pro funkci zásobníku složí pouze jako zpětný přepad paliva, které nebylo využito vstřikovači. Na tento komponent nepůsobí velký tlak. Kvalita svaru mezi tímto komponentem a obrobeným dílcem je stoprocentně kontrolována pomocí nedestruktivní zkoušky těsnosti. Navíc se provádí kontrola pevnosti svaru pomocí destruktivní stříhové zkoušky.

Zkušební tlak – 3,5 bar

Povolený únik tlaku – 0,00002 bar

Nízkotlaké vývody jsou rozděleny podle velikosti vnitřního radiusu:

- R4

- R9

Nízkotlaký vývod R4 (Obr. 2.20)

- Nejpužívanější vývod, který je navařen na nejvíce typech railů všech čtyř generací.
- Minimální předepsaná pevnost svaru je 10 kN.



Obr. 2.20 NT vývod R4

Nízkotlaký vývod R9 (Obr. 2.21)

- Vývod, který se používá pouze u railů 3. generace.
- Minimální předepsaná pevnost svaru je 20 kN.



Obr. 2.21 NT vývod R9

4) Základní rozdělení úchytů:

Úchyty se dělí podle velikosti a tvaru. Slouží pro uchycení railu na motor, proto je velmi důležitá jejich poloha. Úchyty jsou stejně jako vysokotlaké vývody na obrobený dílec nejprve heftovány Nd:YAG laserem a poté přivařeny CO₂ laserem. Každý úchyt má definovanou minimální délku a pozici svaru. Ty musí být takové, aby byl svar rovnoměrně rozlit mezi

obrobený dílec a komponent. Úchyt je svařen z obou stran, přičemž svary by se měly na začátku a na konci úchytů dotýkat, popř. překrývat. I zde je prováděna kontrola svaru pomocí destruktivní metalografické zkoušky.

Úchyty jsou rozděleny podle tloušťky:

- úchyty s tloušťkou 7 mm
- úchyty s tloušťkou 10 mm

Úchyty s tloušťkou 10 mm jsou dále rozděleny podle tvaru:

- úchyty ploché
- úchyty válcové

Ploché úchyty s tloušťkou 7 mm (Obr. 2.22)

- Úchyt používaný pro nejvíce typů railů. Tento komponent je vystřihován ze 7 mm desky na lisovacím stroji.



Obr. 2.22 Úchyt 7 mm plochý

Ploché úchyty s tloušťkou 10 mm (Obr 2.23)

- Jedná se o úchyt používaný pouze pro raily 3. generace. Tento typ úchytů má svařovanou plochu ve tvaru rádiusu, která dosedá na průměr obrobeného dílce, čímž je zajištěno vystředění úchytu.



Obr. 2.23 Úchyt 10 mm plochý

Válcové úchyty s tloušťkou 10 mm (Obr. 2.24)

- Jedná se o úchyt používaný pro raily 2/3. generace. Tento typ úchytů má svařovanou plochu ve tvaru rádiusu, která dosedá na průměr obrobeného dílce, čímž je zaručeno vystředění úchytu.



Obr. 2.24 Úchyt 10 mm válcový

3. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU SVAŘOVACÍCH LINEK [3]

V jihlavském závodě se celé typové spektrum railů svařuje na čtyřech sériových automatických svařovacích linkách a jedné svařovací lince poloautomatické. Jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujícím celkové náklady na výrobu jednoho kusu railu je čas přeseřezání svařovacích linek z jednoho typu railu na druhý. Je to dáno širokým typovým spektrem a také neustálým snižováním velikostí svařovaných dávek mezi jednotlivými přeseřezáními.

Optimalizace způsobu přeseřezání linky sníží celkový čas přeseřezání, a tím celkové výrobní náklady svařovaného railu. Základní parametr, který je firmou sledován a předem definován, je produktivita pracovníků. Produktivita je počet vyrobených kusů jedním pracovníkem za danou časovou jednotku.

Hlavní faktory ovlivňující produktivitu jsou:

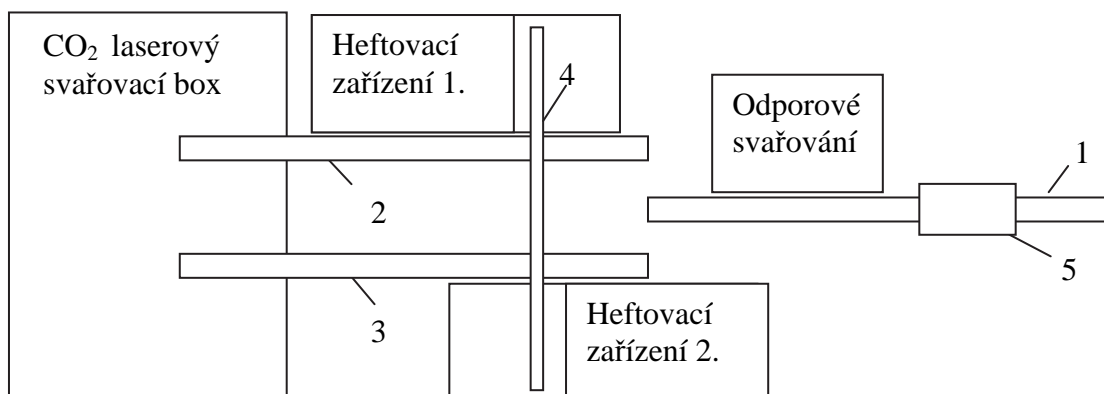
- počet pracovníků
- čistý výrobní čas (POT)
- čas cyklu stroje
- efektivní využití strojního zařízení (OEE)

Ztráty ovlivňující OEE jsou:

- technické ztráty
- organizační ztráty
- ztráty přeseřezáním
- kvalitativní ztráty
- výkonové ztráty

Tato práce se zaměřuje na ovlivnění jedné ze složek OEE, což je snížení ztrát přeseřezáním. Typové spektrum svařovaných typů je velice široké. Nejvíce typů se svařuje na lince 4. Na této lince jsou svařovány raily všech generací. Z čehož vyplývá, že na ní probíhá největší počet přeseřezání a tudíž na této lince dochází k největším ztrátám. Časové ztráty jsou způsobeny především změnami generací railů, protože během procesu přeseřezání se mění nejvíce přípravků na jednotlivých zařízeních v lince.

3.1 Svařovací linka [3]



Obr. 3.25 Blokové schéma svařovací linky

1 - hlavní dopravník; 2 - dopravník k heftovacímu zařízení 1; 3 - dopravník k heftovacímu zařízení 2; 4 - manipulátor mezi dopravníky a jednotlivými heftovacími zařízeními; 5 - vstup a výstup linky (ruční pracoviště)

Všechny čtyři sériové svařovací linky mají stejnou skladbu jednotlivých výrobních zařízení. Každá linka je složena ze čtyř svařovacích zařízení. K dopravě railu mezi jednotlivými zařízeními slouží řetězový dopravník. Manipulaci s raily mezi stanicemi a dopravníkem provádí pneumatické manipulátory se servopohonem. První svařovací zařízení je odporové svařování. Následují dvě paralelní heftovací zařízení. Samotné svařování vykonává napevno umístěná svařovací hlava za pomoci šestiosého robota, v němž je upnut rail. Robot odebírá rail z dopravníku a přepravuje ho pod pevně umístěnou svařovací hlavu. Přesným naprogramováním pohybů robota pak dojde ke svaření všech komponentů ze všech předem nadefinovaných stran. Po ukončení svaření je rail robotem odložen zpět na dopravník, který ho dopraví na vstup - výstup linky.

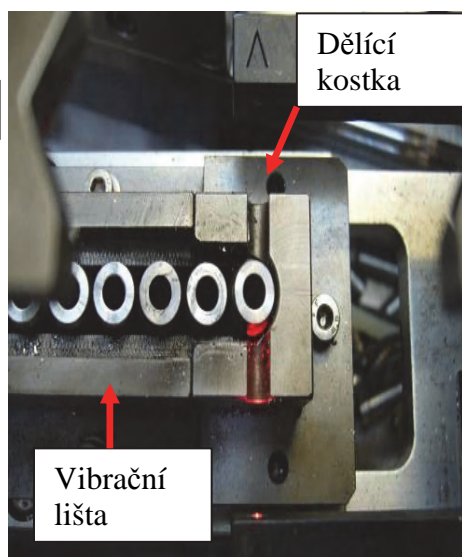
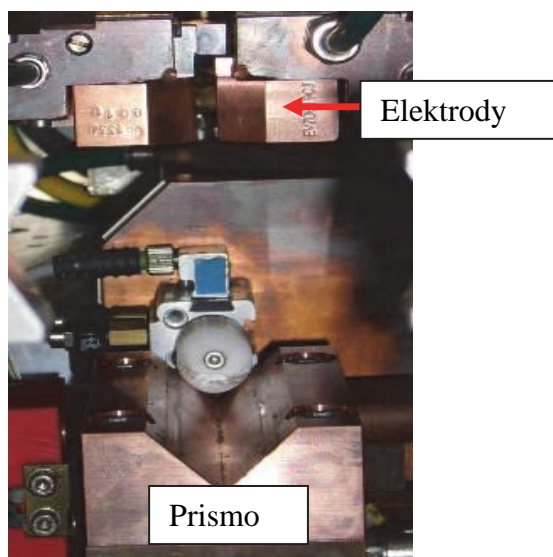
3.2 Výměna přípravků na jednotlivých zařízeních během přeseřzení linky

Na každém jednotlivém zařízení je potřeba vyměnit nebo seřadit mnoho přípravků, které jsou specifické pro každý komponent a typ railu popsány v kapitole 2. Tato část práce bude zaměřena na stručný popis změn jednotlivých přípravků na těchto zařízeních.

3.2.1 Stanice odporového svařování

Kompletní přeseřzení tohoto zařízení provádí seřizovač, který musí provést následující výměny přípravků.

- výměna dělicí kostky
- výměna vyhazovacího trnu
- výměna /úprava přívodové lišty
- výměna a vyčištění svařovacích elektrod
- výměna vibrozéru
- výměna spodního prisma při změně generace railu
- Ukázka celého podávacího mechanismu NT vývodů (obr. 3.26, 3.27).



Obr. 3.26 Svařovací elektrody a prismo [3]

Obr. 3.27 Přísun nízkotlakých vývodů [3]

3.2.2 Heftovací zařízení

Kompletní přeseřízení tohoto zařízení provádí opět seřizovač, s výjimkou čištění jednotlivých přípravků. Během přeseřízení se mění rozteč upínače dle délky obrobených dílců. Dále se mění podávací přípravky vysokotlakých vývodů a úchytů.

Změna typu vysokotlakých vývodů

Při změně generací railů je potřeba vyměnit přípravky pro přívod vysokotlakých vývodů následujícím způsobem:

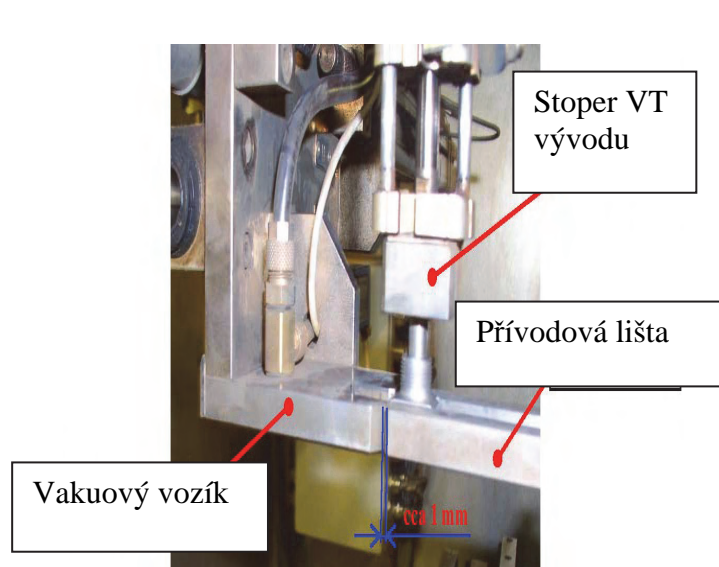
pro generaci 2 - VT vývod se závitem M14,
pro generaci 2/3 - VT vývod se závitem M15, M16,
pro generaci 3 - VT vývod se závitem M18.

Během změny typu vysokotlakých vývodů se provádí výměny následujících přípravků:

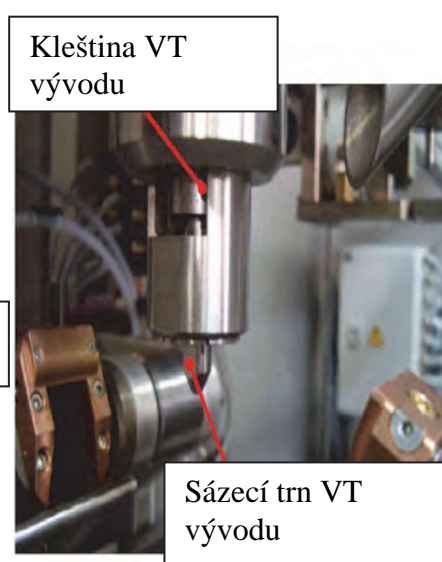
- výměna kleštiny
- výměna vakuového dopravníkového vozíku
- výměna podávacích kolejnic
- výměna VT-stoperu
- výměna a následné čištění vibračního zásobníku s kruhovým pohonem

Po výměně všech přípravků předepsaných pro daný typ vysokotlakého vývodu je nutné tyto vyměněné přípravky seřadit tak, aby byl přísun těchto vývodů pro heftování plynulý. Přesné seřízení přívodu vysokotlakých vývodů je velice důležité pro jejich stabilní polohování, následné dodržení výkresových rozměrů a co nejmenší rozptyl těchto rozměrů v celé vyráběné dávce.

Ukázka celého podávacího mechanismu VT vývodů (Obr. 3.28, 3.29)



Obr. 3.28 Popis přívodu vysokotlakých vývodů [3]



Obr. 3.29 Sázecí hlava VT vývodu [3]

Změna typu úchytu

Během změny typu úchytů se provádí výměny následujících přípravků:

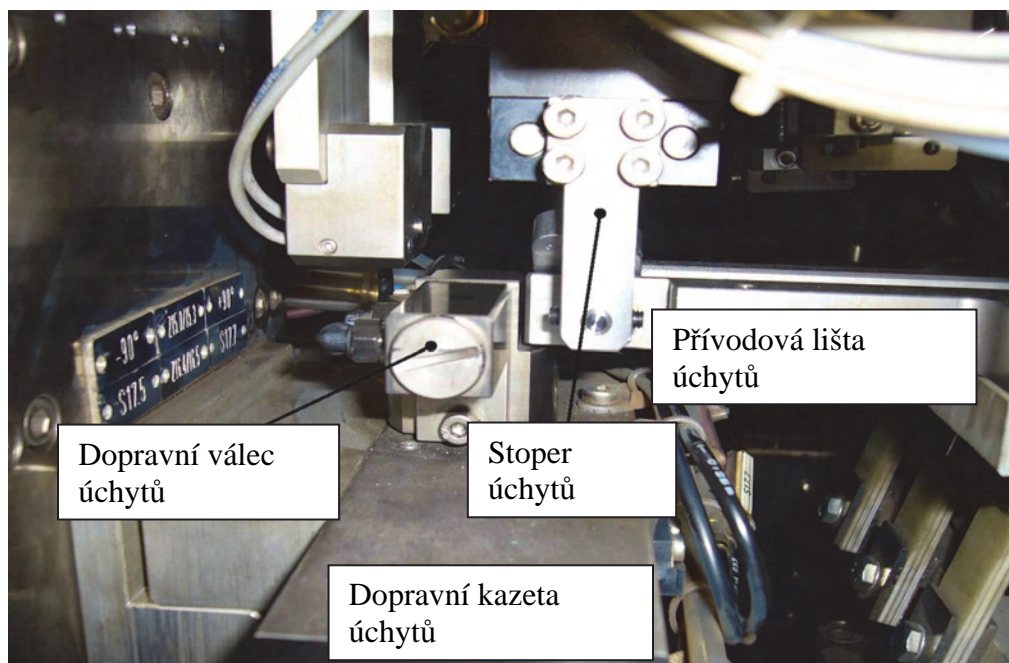
- výměna stoperu úchytu pneumatického dorazu

- výměna dopravního válečku úchytů
- výměna přívodových lišt
- výměna sázecí hlavy
- výměna a následné čištění vibračního zásobníku.

Po výměně všech přípravků předepsaných pro daný typ úchytu je nutné tyto vyměněné přípravky seřídit tak, aby byl přísun úchytů pro heftování plynulý. Přesné seřízení přívodu úchytů je velice důležité pro jejich stabilní polohování, následné dodržení výkresových rozměrů a co nejmenší rozptyl těchto rozměrů v celé vyráběné dávce.

Úchyty pak vjíždí z vibrační lišty do dopravního válečku bez jakéhokoliv odporu, či zadrhnutí. Stoper je seřízen tak, aby se nikdy vibrační lišta nedotýkal. V případě jeho dotyku by vibrační lišta ztratila svou funkci. I pozice dopravního válečku pod sázecí hlavou je přesně nastavena. V opačném případě by došlo k vychýlení úchytu při odebírání, a tím k nestabilitě rozměrů úchytů oproti výkresové dokumentaci.

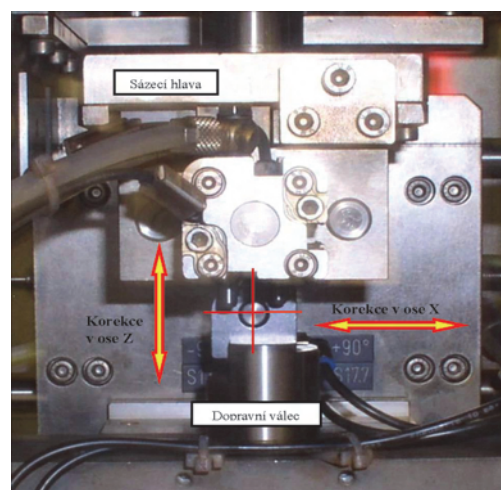
Ukázka celého podávacího mechanismu (obr. 3.30, 3.31, 3.32)



Obr. 3.30 Popis přívodu úchytů [3]



Obr. 3.32 Vibrační lišta k dopravnímu válečku [3]

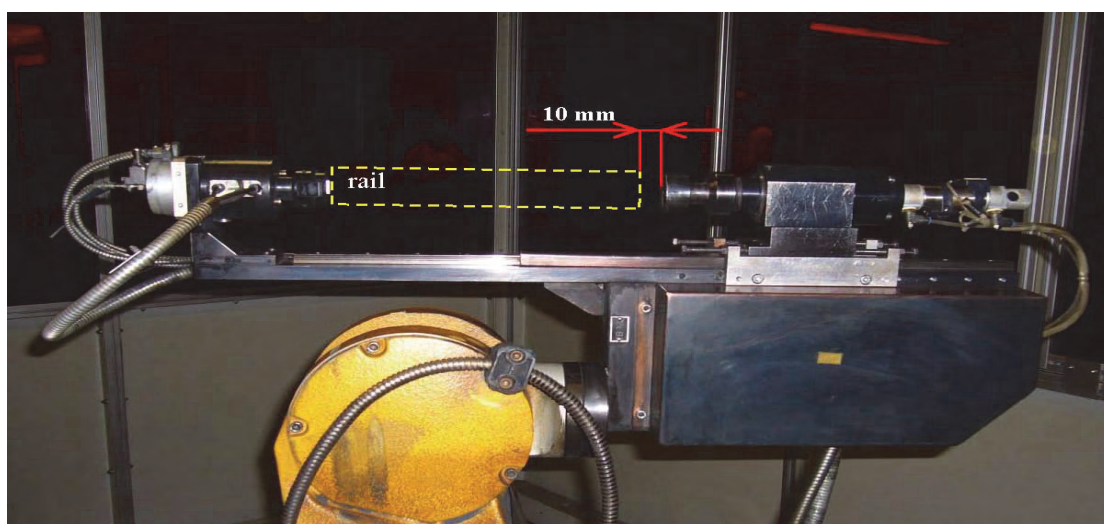


Obr. 3.31 Seřízení sázecí hlavy [3]

3.2.3 Svařovací box CO₂ laseru [3]

Uvnitř svařovacího boxu jsou dva roboti, kteří postupně do drapáku uchopí jeden naheftovaný rail a přemístí jej pod pevnou svařovací hlavu na začátek prvního svaru. V tomto místě zpomalí na předem nastavenou svařovací rychlost. Dojde k vytvoření prvního svaru a následnému posunutí robota s naheftovaným railem do polohy dalšího svaru. Počet svarů se liší v závislosti na množství komponentů daného typu railu.

Pro každý typ railu je potřeba změnit na těchto robotech svařovací program, nastavit rozteč podavače a koníku pro ideální uchopení railu. Svařovací program mění seřizovač a mechanické nastavení pracovník/obsluha linky. Pro některé typy railů se musí změnit velikost ramen podavače. Po nastavení správné rozteče se nasimuluje upnutí railu. V ručním režimu se projede celý svařovací program, přičemž se zkontroluje vzdálenost upnutého naheftovaného railu od svařovací hlavy. Tato kontrola dále zjišťuje pomocí pilotního diodového laseru, zda robot najíždí do správných pozic začátků jednotlivých svarů v ose x a y. Kontrola a následné nastavení se nazývá „teachování“. Tuto činnost provádí seřizovač s pomocí jednoho pracovníka/obsluhy linky.



Obr. 3.33 Nastavení drapáku svařovacího robota [3]

3.2.4 Dopravník

Propojení jednotlivých zařízení a pracovišť linky zajišťuje dopravník. Na dopravníku jezdí vozíky, do kterých jsou obsluhou linky vkládány obrobené dílce a následně vykládány svařené raily.

Dopravník je dvoupatrový. V horním patře jsou vozíky dopravovány ke všem výrobním procesům (odporové svařování, heftování a finální svařování v CO₂ boxu). Uvnitř CO₂ boxu je pneumatický výtah, kterým je již svařený rail transportován do spodního patra. Svařený rail je navrácen zpět na pracoviště vstupu/výstupu materiálu.

Na samotném dopravníku nejsou potřeba žádné změny při přeseřizení. Pouze u vozíků je nutné přenastavit rozteč vidliček, do kterých se ukládá obrobený dílec. Na pracovišti vstup a výstup z linky je potřeba vyměnit kontrolní šablonu pro kontrolu pozic přivaření úchytů na rail.

3.3 Popis jednotlivých kontrolních měření a zkoušek pro uvolnění linky po přeseřzení

Před spuštěním sériové výroby (po přeseřzení jednotlivých stanic) jsou předepsány kontroly, které zajistí, že komponenty budou na obrobený dílec přivařeny ve správné pozici. Dále musí být zajištěna kvalita svaru (hloubka provaření, umístění svaru, pevnost svaru). Tyto kontroly provádí pracovník měrového střediska.

Výsledky měření musí odpovídat daným specifikacím a výrobním tolerancím, aby bylo možné linku uvolnit. V případě nevyhovujících výsledků (např. rozměry mimo výrobní toleranci) je informován seřizovač. Ten musí zadat opravné korekce a následně svařit nový rail, ten je podroben opětovnému kontrolnímu měření, které je zaměřeno pouze na zjištěnou chybu. V důsledku opakování měření dochází k prodloužení času přeseřzení a samotného spuštění svařovací linky.

3.3.1 Metalografická zkouška

Tato zkouška kontroluje délku a pozici svarů. Rail je nařezán v přesně stanovených bodech na segmenty. Jednotlivé segmenty jsou vybroušeny a následně vyleštěny pomocí brusných kotoučů a plátěných kotoučů s diamantovou pastou. Vyleštěné plochy se naleptávají 3% roztokem kyseliny dusičné (tzv. nital). Po naleptání dojde ke zvýraznění reliéfu leštěné plochy. Takto připravený segment je zkontrolován pod mikroskopem. Za pomoci speciálního měřicího programu jsou změřeny délky a pozice jednotlivých svarů.

Hodnoty minimálních délek svarů viz (Tab 3.6, 3.7).

Tab. 3.3 Minimální délky svarů vysokotlakých vývodů [3]

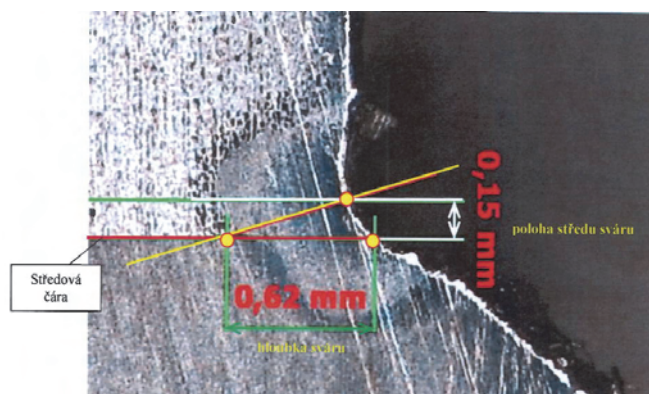
VT vývod	Požadovaná délka svaru [mm]	Minimální délka svaru [mm]	Maximální délka svaru [mm]
M14	4,25	3,5	5
M15	3,5	3	4
M16			
M18	4	3,8	4,5

Tab. 3.4 Minimální délky svarů úchytů [3]

Šířka úchyty [mm]	Požadovaná délka svaru [mm]	Minimální délka svaru [mm]	Maximální délka svaru [mm]
7	4,5	3,6	5,5
10	6	5,1	7

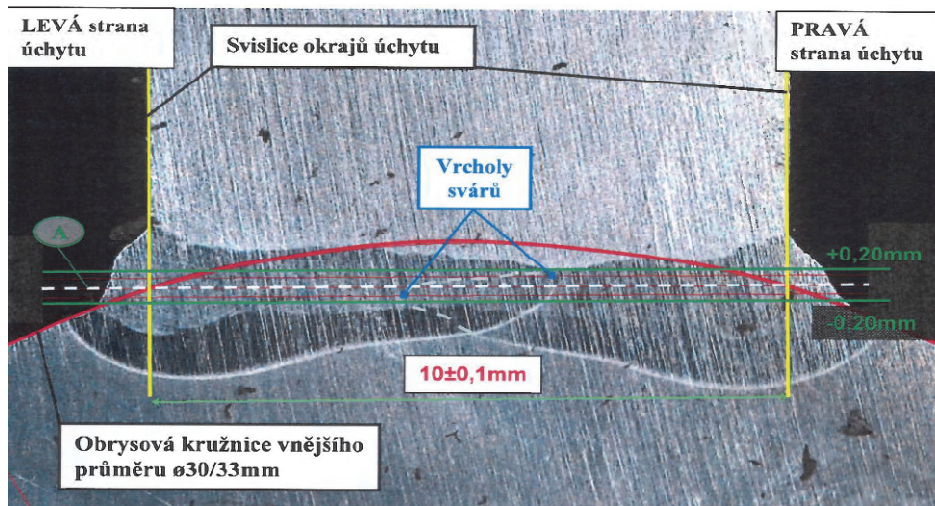
Ukázky metalografických výbrusů (Obr. 3.34, 3.35, 3.36)

Metalografický výbrus heftu vysokotlakého vývodu. Naznačená délka heftu, včetně způsobu měření (Obr. 3.34).



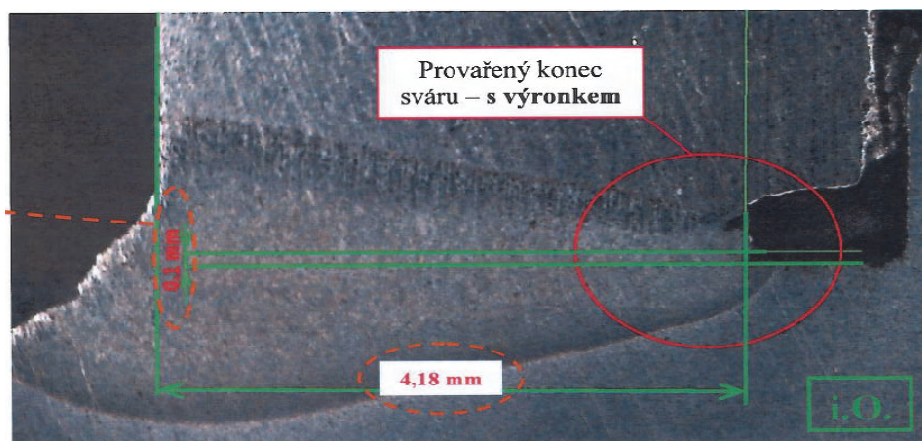
Obr. 3.34 Ukázka metalografického výbrusu [3]

Metalografický výbrus svaru úchytu. Naznačená délka svaru, včetně způsobu měření (Obr. 3.35).



Obr. 3.35 Ukázka metalografického výbrusu [3]

Metalografický výbrus svaru vysokotlakého vývodu. Naznačená délka svaru, včetně způsobu měření (Obr. 3.36).



Obr. 3.36 Ukázka metalografického výbrusu [3]

3.3.2 Trhací zkouška [3]

Střihová zkouška nízkotlakého vývodu

Zkouška je prováděna po přeseřžení stanice odporového svařování NT vývodů na prvním svařeném kusu.

Minimální střížná síla pro nízkotlaké vývody s radiusy:

- R4 – 5 kN
- R9 – 10 kN

Trhací zkouška vysokotlakého vývodu po heftování

Zkouška je prováděna po přeseřžení heftovacího zařízení na prvním naheftovaném kuse.

Minimální síla potřebná na odtržení vysokotlakých vývodů:

- (M14) – 7 kN generace 2
- (M15) – 10 kN generace 2/3
- (M16) – 10 kN generace 2/3
- (M18) – 10 kN generace 3

Trhací zkouška vysokotlakého vývodu po CO₂ svařování

Provádí se během přeseřžení a uvolnění linky po svaření prvního kusu. Je vykonávána na trhacím stoji.

Minimální síla na odtržení:

- (M14) – 28 kN generace 2
- (M15) – 44 kN generace 2/3
- (M16) – 44 kN generace 2/3
- (M18) – 52 kN generace 3

3.3.3 Měření rozměrů a zápis výsledků do SPC karet [3]

Měření je prováděno na 3D měřícím zařízení firmy Carl Zeiss (Obr 3.37). Na tomto měřícím přístroji se měří všechny důležité znaky, které se následně zapisují do SPC karet (statistické řízení procesu). Mezi tyto znaky patří házení závitů vysokotlakých vývodů vůči těsnicímu kuželu, rozteč a vzdálenost úchytů od prvního vysokotlakého vývodu, rovinnost úchytů a poloha nízkotlakého vývodu.

Teplota povrchu railu po svaření je cca 55 °C. Před samotným měřením je potřeba rail ochladit na maximální teplotu 28 °C. Chlazení je prováděno vzduchem pomocí ventilátorů. Čas potřebný pro ochlazení na tuto teplotu závisí na délce railů. Raily do délky 250 mm jsou chlazeny 14 minut, delší raily po dobu 20 minut.



Obr. 3.37 3D – měřící zařízení [3]

4. DETAILNÍ POPIS JEDNOTLIVÝCH PROCESNÍCH KROKŮ LINKY

4.1 Popis jednotlivých svařovacích procesů v lince

Sériová svařovací linka se skládá ze čtyř svařovacích zařízení využívající tři typy následujících technologií svařování:

- odporového svařování
- svařování Nd:YAG laserem – dvakrát
- svařování CO₂ laserem

4.1.1 Odporové svařování [6]

Obrobený dílec je vložen pneumatickým drapákem do měděného prisma. Pomocí pneumatických prvků je NT vývod zasunut mezi měděné čelisti svařovací hlavy. Svařovací hlava přitlačí NT vývod na obrobený dílec a následně proběhne svařovací proces.

Svařování elektrickým odporem

Tato technologie patří do svařování tlakového, při kterém se svařuje v místě ohřátém odporovým teplem na svařovací teplotu za působení tlaku. Teplo potřebné k natavení materiálu na svařovací teplotu (tzv. odporové teplo) vzniká průchodem střídavého proudu vysoké intenzity (až 100 000 A) a nízkého napětí (5 až 15 V). Množství tepla vzniklého průchodem proudu je dáno Jouleovým-Lenzovým zákonem. [6]

Joule-Lenzův zákon:

$$Q = R \cdot I \cdot t$$

Q - množství vzniklého tepla [J]

R - celkový odpor svarového spoje [Ω]

I - svařovací proud [A]

t - čas svařování, tj. doba průchodu svařovacího proudu [s]

Celkový odpor svarového spoje je součtem přechodových odporů a odporů svařovaných materiálů. Bodový svar vzniká působením tlaku v místě největšího přechodového odporu/největší koncentrace tepla (mezi povrchem svařovaných materiálů). [6]

Dle charakteru spoje lze odporové svařování dělit na tyto typy:

- stykové odporové svařování
- stykové svařování s odtavením
- bodové svařování
- švové svařování
- výstupkové svařování

Na svařovacích linkách se využívá odporové svařování výstupkové.

Výstupkové svařování

Svar vzniká na speciálně připravených místech na svarovém kusu. Tato kontaktní místa jsou tvořena kruhovými nebo prodlouženými výstupky. Svařování může probíhat v několika kontaktních místech najednou. Délka elektrody musí být taková, aby pokryla všechny svary, které budou svařovány během jedné operace. [6]

Možná použití výstupkového svařování:

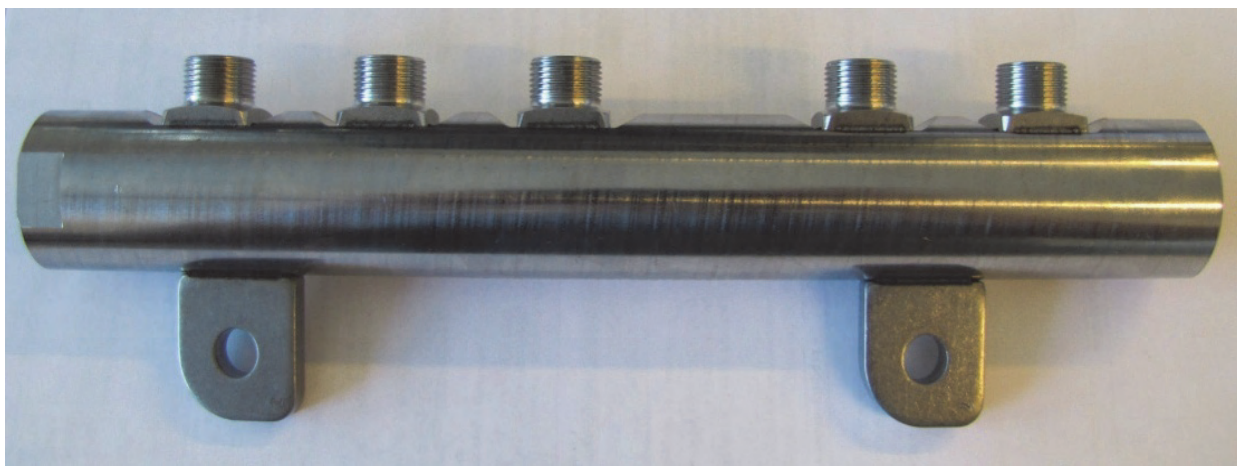
- šrouby s maticemi na plechových deskách speciálně upravených pro výstupkové svařování
- tyčové dráty, např. šrouby, zdvihátka ventilu
- potrubí ve tvaru T nebo křížové spoje (např. čepy, švy potrubí, vačky)
- nitkové kříže

4.1.2 Heftování – svařování Nd:YAG laserem [3]

Heftování provádí heftovací zařízení. V tomto zařízení jsou postupně navařovány vysokotlaké vývody a úchyty na obrobený dílec. Všechny tyto komponenty jsou nasypány do vibračních zásobníků s kruhovým pohonem. Z nich jsou dopravovány po vibračních lištách s lineárním pohonem k jednotlivým pneumatickým podavačům. Podavače podávají komponenty pod sázecí hlavy, které si je nabírají a poté sází a přitlačují na obrobený dílec.

Po přitlačení komponentu na obrobený dílec předem definovanou silou dojde k vlastnímu naheftování (bodování) s využitím pevnolátkového laseru Nd:YAG od německého výrobce firmy TRUMPF. Svařování probíhá bez přídavného materiálu. Vlnová délka tohoto laseru je $\lambda=1,064\mu\text{m}$. Samotný obrobený dílec je vkládán pneumatickým drapákem do upínače heftovacího zařízení, jež je součástí stolu, který dopravuje a polohuje obrobený dílec pod sázecí hlavy. Výsledkem tohoto procesu je heftovaný rail (obr. 4.38).

Nd:YAG je pevnolátkový laser. Laserovým médiem je tyčinka z yttrito-hlinitého granátu obohaceného ionty neodymu (chemická značka Nd). Tento typ pevnolátkového laseru může pracovat jak v pulzním, tak i v kontinuálním režimu. ND:YAG laser s výstupním výkonem až 5 kW se díky specifickým vlastnostem laserového paprsku používá především ke svařování, značení a vrtání kovů. Jednou z výhod ND:YAG laserového paprsku je možnost jeho přenosu pomocí optických vláken, čehož se využívá při nasazení robotů ve výrobě. [6]



Obr. 4.38 Heftovaný rail [3]

4.1.3 Svařování CO₂ laserem [3]

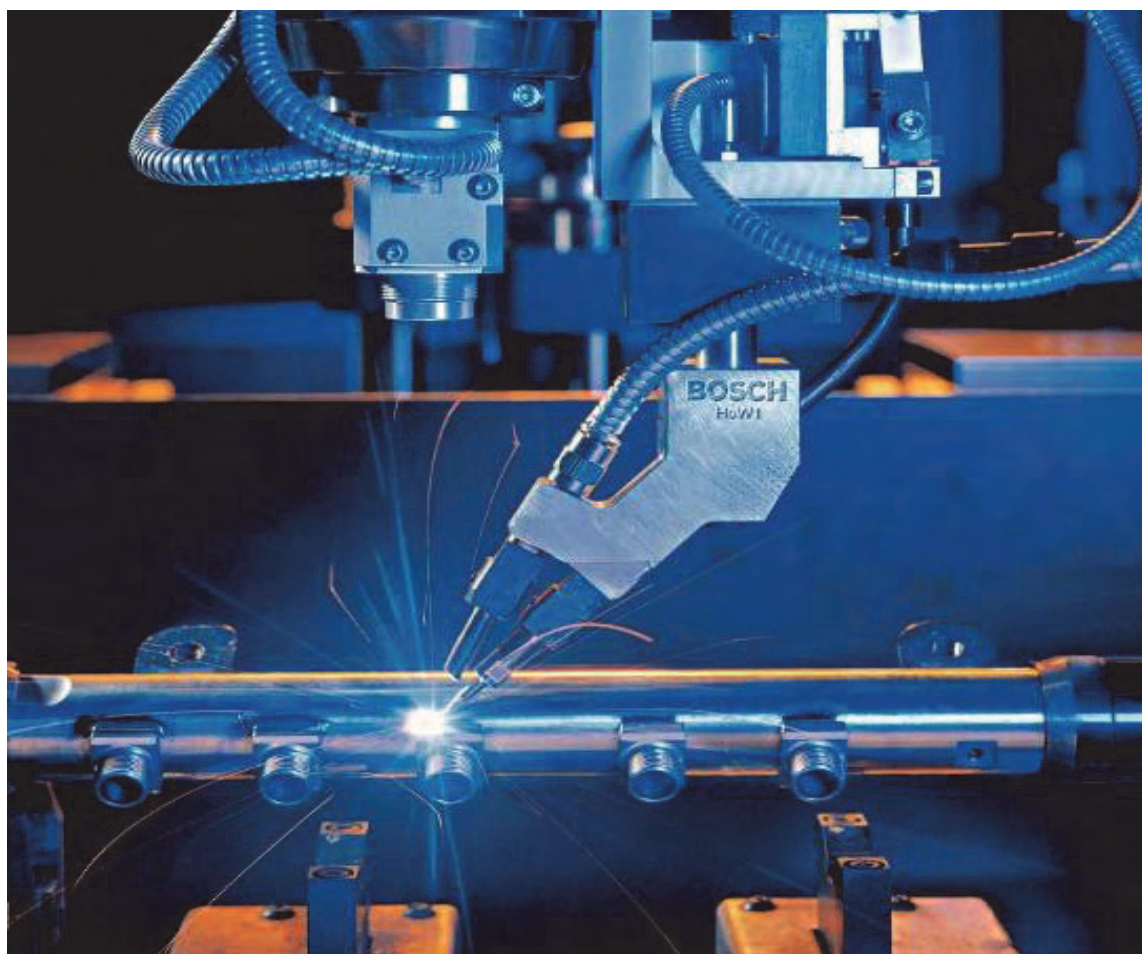
Závěrečnou svařovací operací na railu je svařování CO₂ laserem (obr. 4.39). Toto svařování probíhá ve svařovacím boxu, který je po dobu svařování kompletně uzavřen. Svařovací box je postaven z plechů a speciálních plexiskel, jež jsou potaženy ochrannou fólií. Tato fólie dokáže zachytit nebezpečné účinky laserového záření a zabráňuje poškození zraku, což umožňuje obsluhu linky i jiným osobám bez dalších ochranných prostředků sledovat proces svařování.

Samotné svařování vykonávají dva roboti, kteří po odebrání railů z dopravníku linky postupně najíždí pod pevnou svařovací hlavu do předem naprogramovaných pozic svarů. Robot najede na první počáteční pozici svaru. V tu chvíli se spustí výkon laseru, na konci svaru se výkon utlumí a robot rail posune na počátek dalšího svaru. Tento proces se neustále opakuje až do svaření všech svarů.

Po dokončení svařování, je rail robotem odložen zpět na dopravník a následně odebrán další pouze naheftovaný rail. Mezitím je započato svařování druhým robotem. Tento cyklus je neustále opakován.

Svařování je prováděno CO₂ laserem. Je to druh plynového laseru, kde aktivním médiem je oxid uhličitý. Dalšími plyny jsou helium a dusík. Tato směs plynů je zahřívána v rezonátoru, kde je generováno laserové záření, které je pomocí měděných, vodou chlazených zrcátek přiváděno ke svařovací hlavě.

Zrcátka mají funkci přenosovou a jedno z nich také fokusační (autolas). Prohnutím fokusačního zrcadla, jež je způsobeno tlakem vody, je možné soustředit paprsek laseru do jednoho bodu pod svařovací hlavu, kam je právě polohován naheftovaný rail svařovacím robotem. Toto místo je nazýváno fokus laserového paprsku. Je to bod, kde má paprsek nejmenší tloušťku a největší energii. Pod tímto místem je opět paprsek rozšiřován a výkon se zmenšuje.



Obr. 4.39 Ukázka svařování railu [3]

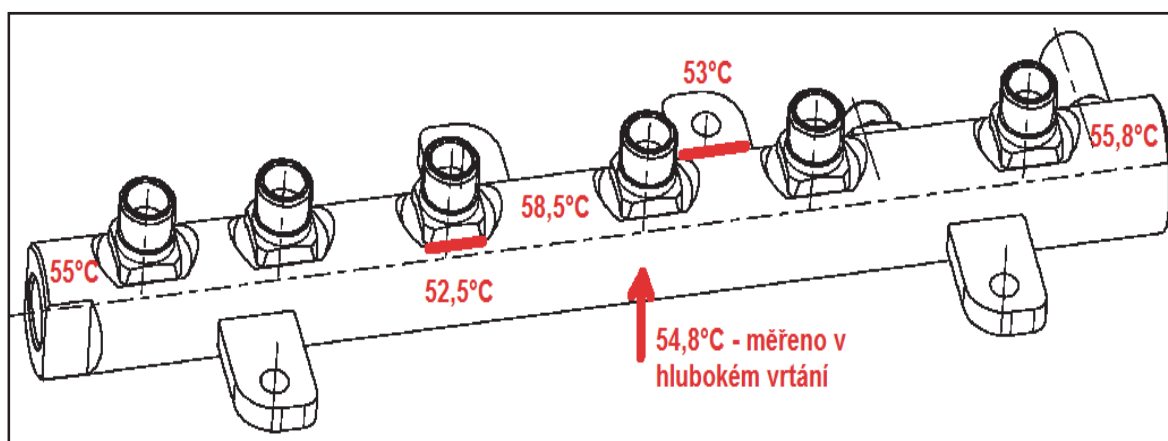
5. NÁVRHY OPATŘENÍ PRO SNÍŽENÍ ČASU SEŘÍZENÍ LINKY PŘI ZMĚNĚ SVAŘENCE

V dnešní době se díky širokému typovému spektru a v rámci zvyšování flexibility jednotlivých linek stalo přeseřizování jednou z nejdůležitějších a nejsledovanějších činností ve výrobě svařeného railu. V dubnu letošního roku se konalo pracovní setkání zaměřené na toto téma. Z jeho závěrů vyplynulo, že je zde velký potenciál ke zlepšení tohoto procesu.

- Hlavní vylepšení spočívá v optimalizaci koordinace činností jednotlivých pracovníků linky, kteří se na tomto procesu podílí. Jednotlivé činnosti byly popsány v předchozích kapitolách. Byl vytvořen standard pro přeseřizování linek (kompletní seznam a pořadí činností jednotlivých pracovníků). Tento popis je pro svou obsáhlost vložen do příloh této práce. Standard je vytvořen v několika verzích, jak pro různý počet pracovníků, tak pro různé typy railů. Typu s NT vývodem se věnuje příloha č. 1 a typu bez NT vývodu příloha č. 2. Tento rozdíl je dost podstatný. Mění čas i pořadí činností jednotlivých pracovníků tím, že se musí/nemusí přeseřizovat jedna stanice. S tímto opatřením také souvisí vytvoření podrobného pracovního postupu pro standardizovanou práci na jednotlivých stanicích.
- Co se týče optimalizace a urychlení chlazení svařených railů před měřením SPC, byl proveden test, který spočíval v ochlazování těchto railů třemi způsoby. Čas a způsoby chlazení jsou uvedeny v tabulce (Tab. 5.5). Teplota svařenců byla změřena ihned po svaření na místech vyznačených na obrázku (Obr. 5.40).

Tab. 5.5 Způsoby a čas chlazení railů před měřením [3]

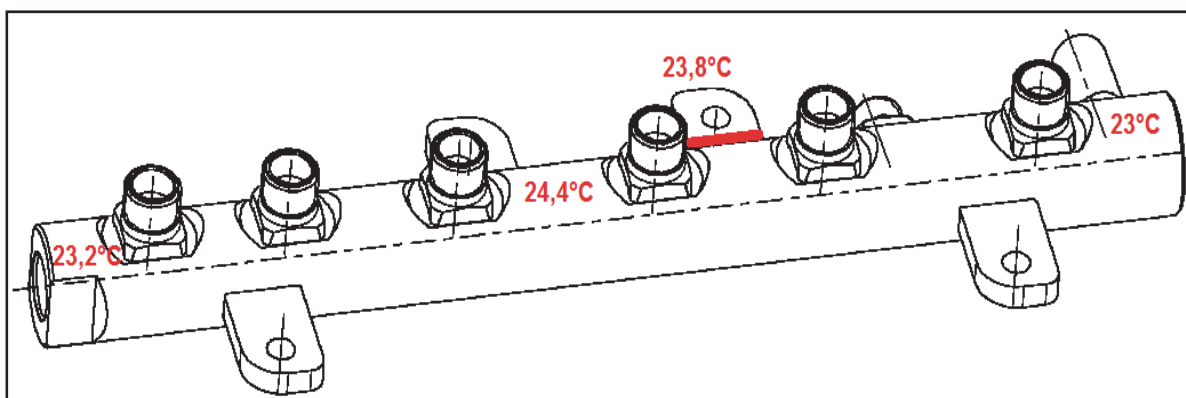
TEST CHLAZENÍ RAILŮ PŘED MĚŘENÍM NA 3D MĚŘÍCÍM ZAŘÍZENÍ	
Rail č. 1	- prudké ochlazení ve vodě (1 min.) + ofuk vzduchem (0,5 min.)
Rail č. 2	- chlazení ventilátorem (20 min.)
Rail č. 3	- chlazení při halové teplotě (min. 1 hod. 30 min.)



Obr. 5.40 Zobrazení měřených bodů teplot na tělese railu ihned po svaření [3]

Raily byly ochlazovány způsoby vyznačenými v (Tab. 5.5) na teplotu znázorněnou na (Obr. 5.41.) Všechny tři raily byly změřeny na 3D měřícím zařízení pro ověření, zda různé rychlosti a způsoby ochlazení nemají vliv na rozměry railu. Porovnání výsledků měření ukázalo, že ani jeden ze způsobů ochlazení rozměry railu neovlivní. Test ukázal, že prudké ochlazení railu vodou a následné osušení stlačeným vzduchem je o 18 minut rychlejší, než

doposud používaný způsob chlazení railů pomocí ventilátoru.



Obr. 5.41 Zobrazení měřených bodů teplot na tělese railu po ochlazení [3]

Následně byla provedena kontrola mikrostruktury a mikrotvrdosti materiálu samotných svarů. Testy ukázaly, že způsob ani rychlost ochlazování nemá vliv na mikrostrukturu ani mikrotvrdost svarů. Tyto testy byly provedeny v laboratořích firmy Bosch Diesel s. r. o a laboratorní zpráva je přiložena v příloze této bakalářské práce příloha č. 3.

6. VYHODNOCENÍ NÁVRHŮ

- Koordinace činností jednotlivých pracovníků a zavedení standardů práce pomohly redukovat čas nutný na přeseřizování linek. Díky tomu jsou činnosti rovnoměrně rozloženy mezi všechny pracovníky. Každý z nich má během přeseřizování linky jasně stanovené úkoly a činnosti, což zvyšuje jejich produktivitu práce. Tyto standardy jsou zárukou toho, že všichni pracovníci na všech směnách budou přeseřizování linek dělat stejným způsobem. Tím je možné jednotlivé činnosti během procesu změřit a popřípadě pracovat na jejich další optimalizaci, což dává i do budoucna potenciál k dalšímu zrychlení přeseřizování. Zavedením standardů přeseřizování napomohlo ke zkrácení celkového času přeseřizování o 20 % bez investic.
- Výsledky testu ochlazování kusů vodou a stlačeným vzduchem ukázaly, že tento způsob urychlí čas změření prvního kusu o 18 minut. Zavedením byl celkový čas přeseřizování zkrácen o 7 %.

Navrženými optimalizacemi byl snížen čas nutný ke změně typu railu o 27 %, čímž se podařilo, významně zvýšit produktivitu svařování.

7. ZÁVĚR

Předmětem bakalářské práce bylo nalezení možnosti optimalizace přeseřizování svařovacích linek ve společnosti BOSCH Diesel s.r.o. Jihlava.

První část byla věnována stručnému popisu systému Common rail a jeho jednotlivých komponent, u nichž bylo stručně popsáno jejich použití. Následně se zaměřila na jednu konkrétní součást tohoto systému, kterou je vysokotlaký zásobník tzv. rail. Tento produkt byl blíže představen, včetně popisu a jeho základního rozdělení na kovaný a svařovaný. Následně byl ve zkratce popsán způsob výroby těchto railů.

Hlavní část práce byla zaměřena na rail svařovaný, který byl představen podrobněji včetně rozdělení na jednotlivé generace. Popis byl zaměřen na jednotlivé komponenty railu, a následně na jednotlivé procesy a technologie svařování.

Úkolem této práce bylo zoptimalizování procesu přeseřizování těchto linek z jednoho typu na druhý. Byla provedena analýza tohoto procesu a na jejím základě byla navržena opatření, jako například zkoordinování činností jednotlivých pracovníků. Zároveň byly vytvořeny standardy práce pro tyto činnosti. Dalším opatřením bylo zoptimalizování ochlazování railů po svaření, před měřením na 3D měřícím zařízení. Vyhodnocení těchto opatření ukázalo jejich vysokou účinnost, jelikož zredukovala čas přeseřizování o 27 %, čímž byla zvýšena produktivita práce na svařovaném railu.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ISENBURG, R. *Systém vstřikování nafty s tlakovým zásobníkem Common rail*. Vydavatel Praha: Robert Bosch odbytová spol. s r.o., 1999. 52 s. ISBN 80-902585-6-5
- [2] BOSCH DIESEL s.r.o. - Intranet, [online]. [cit. 2013-04-01]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.bosch.com/>>.
- [3] Interní dokumenty a materiály firmy BOSCH Diesel s.r.o
- [4] Zařízení pro hydraulické autofretážování dutých dílců. In: *Úřad průmyslového vlastnictví: Rešeršní databáze patentů a užitných vzorů* [online]. [cit. 2013-04-17]. Dostupné z: <http://spisy.upv.cz/Patents/FirstPages/FPPV0171/0171635.pdf>
- [5] Výstupkové svařování. In: *Svařování a pálení Česká republika* [online]. [cit. 2013-04-02]. Dostupné z: <http://www.esab.cz/cz/cz/education/processes-projection-welding.cfm>
- [6] HURT, L. *Optimalizace rozhraní svařovaného zásobníku paliva systému Common rail*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 87 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Pavel Ramík.
- [7] ČSN EN 10084 Oceli k cementování – Technické dodací podmínky. In: *Engeneering Ostrava, a.s.* [online]. [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: <http://www.eng-ova.cz/files/eng-ova-2f01fdae20ef7125d590e7f330b17f80/%20csnen10084.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Q	množství vzniklého tepla	[J]
R	celkový odpor svarového spoje	[Ω]
I	svařovací proud	[A]
t	čas svařování, tj. doba průchodu svařovacího proudu	[s]
U	napětí	[V]
T	teplota	[°C]
OEE	efektivní využití stroje	
POT	čistý výrobní čas	

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Svařovaný rail [3].....	10
Obr. 2.2 Systém Common rail [4]	11
Obr. 2.3 Komponenty systému Common rail [4].....	12
Obr. 2.4 Elektromagnetický vstřikovač systému Common rail [4].....	13
Obr. 2.5 Piezoelektrický vstřikovač [4]	13
Obr. 2.6 Vysokotlaké čerpadlo CP1H [4]	15
Obr. 2.7 Vysokotlaké čerpadlo CP3 [4]	15
Obr. 2.8 Vysokotlaké čerpadlo CP4 [4]	15
Obr. 2.9 Vysokotlaké čerpadlo CPN5 [4]	16
Obr. 2.10 Výkovek [4]	16
Obr. 2.11 Hlavní komponenty vysokotlakého zásobníku paliva Rail (LWR) [4].....	18
Obr. 2.12 Obrobený dílec 2. generace.....	19
Obr. 2.13 Obrobený dílec 2/3. generace.....	19
Obr. 2.14 Obrobený dílec 3. generace.....	20
Obr. 2.15 Obrobený dílec 3. generace.....	20
Obr. 2.16 VT vývod M14.....	21
Obr. 2.17 VT vývod M15.....	21
Obr. 2.18 VT vývod M16.....	21
Obr. 2.19 VT vývod M18.....	21
Obr. 2.20 NT vývod R4.....	22
Obr. 2.21 NT vývod R9.....	22
Obr. 2.22 Úchyt 7 mm plochý.....	23
Obr. 2.23 Úchyt 10 mm plochý.....	23
Obr. 2.24 Úchyt 10 mm válcový	23
Obr. 3.25 Blokové schéma svařovací linky.....	24
Obr. 3.26 Svařovací elektrody a prismo [3]	25
Obr. 3.27 Přísun nízkotlakých vývodů [3]	25
Obr. 3.28 Popis přívodu vysokotlakých vývodů [3]	26
Obr. 3.29 Sázecí hlava VT vývodu [3].....	26
Obr. 3.30 Popis přívodu úchytů [3].....	27
Obr. 3.31 Seřízení sázecí hlavy [3]	27
Obr. 3.32 Vibrační lišta k dopravnímu válečku [3].....	27
Obr. 3.33 Nastavení drapáku svařovacího robota [3].....	28
Obr. 3.34 Ukázka metalografického výbrusu [3].....	30
Obr. 3.35 Ukázka metalografického výbrusu [3].....	30
Obr. 3.36 Ukázka metalografického výbrusu [3].....	30
Obr. 3.37 3D – měřicí zařízení [3]	31
Obr. 4.38 Heftovaný rail [3].....	33
Obr. 4.39 Ukázka svařování railu [3]	34
Obr. 5.40 Zobrazení měřených bodů teplot na tělese railu ihned po svaření [3]	35
Obr. 5.41 Zobrazení měřených bodů teplot na tělese railu po ochlazení [3]	36

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 Porovnání vysokotlakých čerpadel systému Common rail [6]	14
Tab. 2.2 Tabulka základních mechanických vlastností oceli 20MnCrS5 [7].....	18
Tab. 3.3 Minimální délky svarů vysokotlakých vývodů [3]	29
Tab. 3.4 Minimální délky svarů úchytů [3].....	29
Tab. 5.5 Způsoby a čas chlazení railů před měřením [3]	35

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 Standard přeseřzení pro typy s NT vývodem

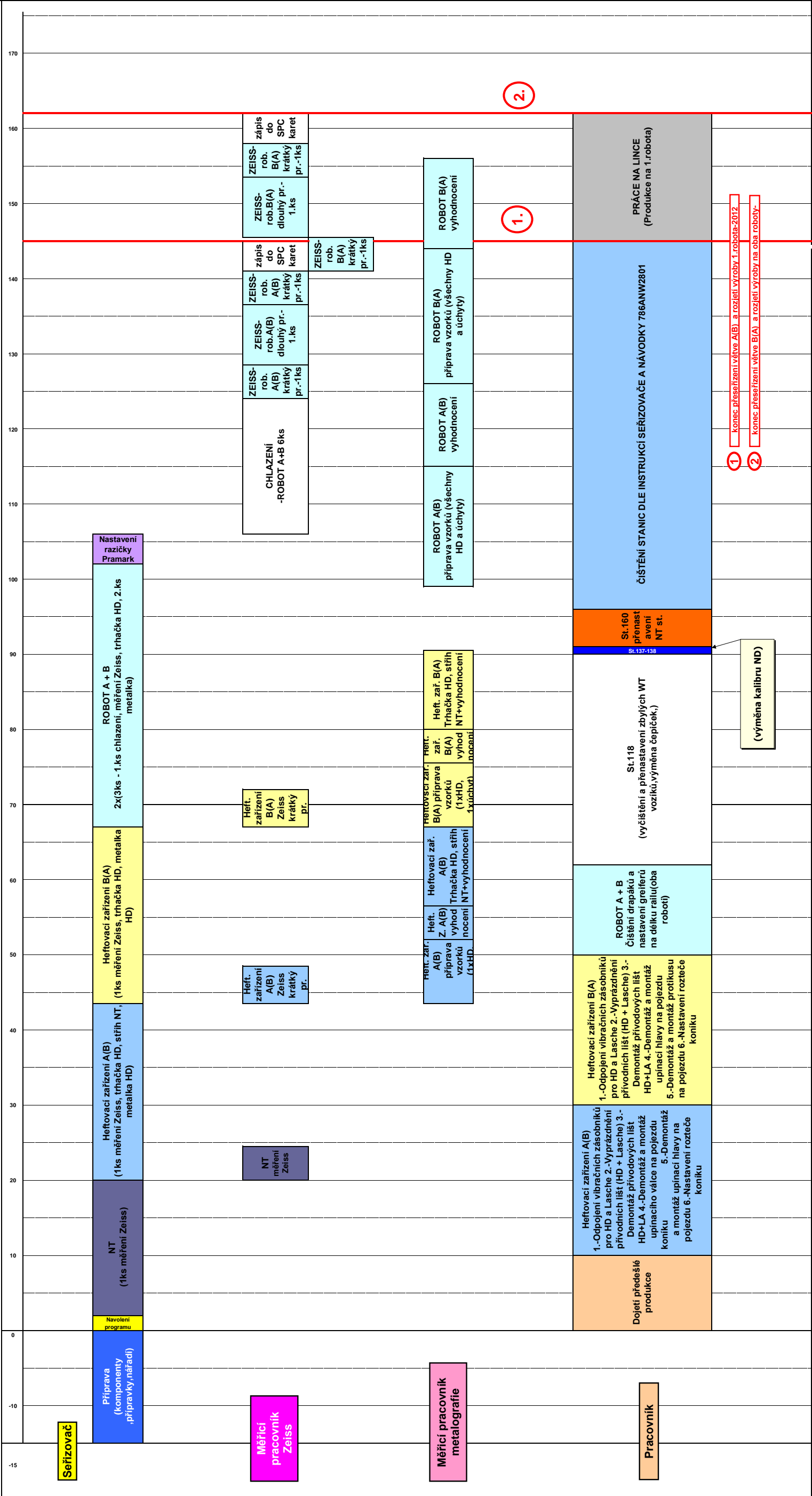
Příloha č. 2 Standard přeseřzení pro typy bez NT vývodu

Příloha č. 3 Laboratorní zpráva testu mikrotvrdosti svarů

Příloha č. 1 Standard přeseřzení pro typy s NT vývodem

Postup přeserřízení s NT - 1x měřicí pracovník - metalografie

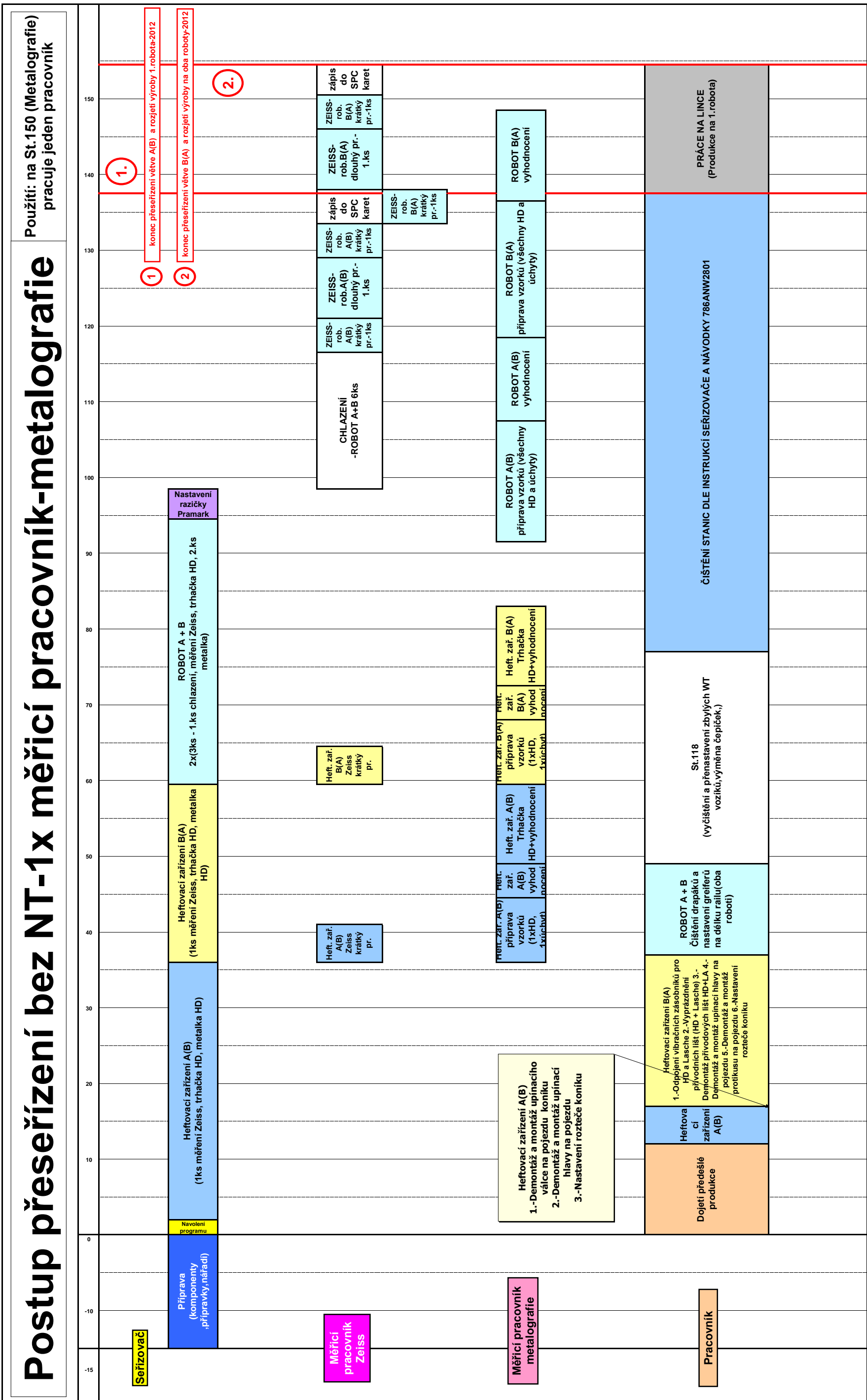
Použití: na St.150 (Metalografie)
pracuje jeden pracovník



Postup přeseřizení s NT-Všechny typy 2013				Zařízení : Svařovací linka 1-4			
Přeseřizení z :				Přeseřizení na :			
svařovaný rail F00R L00 ...				svařovaný rail F00R L00 ...			
Č.	Popis průběhu přeseřizení	KDY	KDO	Informace, nástroje, poučení, výměnné díly, ...	Čas po krocích [min]	Doba externí [min]interní [min]	
1	Příprava komponentů, přípravků a náradí	vždy	seřizovač	vozik na komponenty, přeseřizovací vozík, náradí,promazání kleštín,	-15,0	15,0	
2	Navolení programu na VPP,nastavení robotů do servis.pozice,demontáž crossjetu	vždy	seřizovač	seřizovač otevře CO2 box a nastaví roboty ser.pozice a provede demontáž crossjetu	0,0		2,5
3	Přepnutí linky do offline režimu	vždy	seřizovač		2,5		0,2
4	Volba programu na NT stanici	při změně typu NT	seřizovač		2,7		0,5
5	Demontáž upínací hůchyt(ů)vy	při SW24/SW27	seřizovač	imbusový klíč 3 a 4	3,2		0,8
6	Montáž/demontáž diůchyt(ů)tační vložky	jen z/na F00RL00447	seřizovač	imbusový klíč 3 a 4	3,9		1,5
7	Kontroúčhyt(ů) parametrů na NT stanici a panelu dopravníku	jen z/na F00RL00447	seřizovač	imbusový klíč 3 a 4	5,4		0,5
8	Montáž upínací hůchyt(ů)vy	při SW24/SW27	seřizovač	imbusový klíč 3 a 4	5,9		0,8
9	Výměna čelistí drapáku	jen z/na F..442,187,856	seřizovač	imbusový klíč 5	6,7		2,2
10	Nastavení pozice drapáku (vlevo, vpravo)	dle délky railu	seřizovač	imbusový klíč 10 (8)	8,8		0,5
11	Výměna dorazů a krytu na pojezdu stolu+odpojit senzor S 11.0	jen z/na F00RL00475	seřizovač	imbusový klíč 10 (8)	9,3		0,5
12	Demontáž spodního prizma	ø30/ø33	seřizovač	imbusový klíč 6	9,8		0,9
13	Demontáž elektrod	při změně typu NT	seřizovač	imbusový klíč 6	10,7		0,9
14	Demontáž přitůchyt(ů)čného dorazu NT	při změně typu NT	seřizovač	imbusový klíč 6	11,6		0,5
15	Montáž přitůchyt(ů)čného dorazu NT	při změně typu NT	seřizovač	imbusový klíč 6	12,1		0,5
16	Montáž elektrod	při změně typu NT	seřizovač	imbusový klíč 6	12,6		1,4
17	Montáž spodního prizma	ø30/ø33	seřizovač	imbusový klíč 6	14,0		1,4
18	Výměna podpěrného válečku	ø30/ø33+ ø30 z/na F00RL00442	seřizovač		15,3		0,3
19	Demontáž oddělovací kostky	při změně typu NT	seřizovač	imbusový klíč 3	15,7		0,7
20	Výměna vyhazovače č.1 a vyhazovače č.2	při změně typu NT	seřizovač	imbusový klíč 4	16,3		1,0
21	Demontáž/montáž přívodových lišt	při změně typu NT	seřizovač	imbusový klíč 3	17,3		1,3
22	Montáž oddělovací kostky	při změně typu NT	seřizovač	imbusový klíč 3	18,7		0,3
23	Výměna kostky pro Heidenheim(jen SL4)	ø30/ø33	seřizovač	imbusový klíč 4	19,0		1,3
24	Vyprázdnění zásobníku, seřizení a naplnění zásobníku + seřizení čidůchyt(ů)	při změně typu NT	seřizovač		20,3		2,2
25	Nastavení pozice zásobníku a přívodových lišt (malý a velký průměr NT)	s podmínkou	seřizovač	klíč 17 (čidlo), imbusový klíč 4 a 6	22,5		1,0
26	Svaření 1.kusu na NT stanici a předání kusu měřákovi	vždy při NT	seřizovač	dovoz měřákovi provede obsluha	23,5		0,5
27	Měření NT na Zeissu	vždy při NT	měřák Zeiss	zkrácený program NT	24,0	4,5	
28	Odpojení vibračních zásobníků pro VT a úchyt(ů)	při změně (VT + úchyt(ů))	pracovník	provede obsluha v překrytém čase	11,6	5,0	
29	Vyprázdnění přívodních lišt VT+úchyt(ů)	při změně (VT + úchyt(ů))	pracovník	provede obsluha v překrytém čase	16,6	3,0	
30	Demontáž přívodových lišt VT+úchyt(ů)	při změně (VT + úchyt(ů))	pracovník	provede obsluha v překrytém čase -imbusový klíč 4 a 5	19,6	3,0	
31	Demontáž a montáž upínacího válce na pojezdu koníku	ø30/ø33	pracovník	imbusový klíč 2 a 5	22,6	2,0	
32	Demontáž a montáž upínací hůchyt(ů)vy na pojezdu	SW24/SW27	pracovník	imbusový klíč 4	24,6	1,6	
33	Nastavení rozteče koníku	vždy kontroúčhyt(ů)(podle délky railu + 14mm)	pracovník	měrka č. 500 806	26,2	1,1	
34	Montáž/demontáž podpěry na pojezdu stolu	F..640/772	pracovník		27,3	3,0	
35	Navolení programu na heftovací stanici	vždy	seřizovač		24,0		0,5
36	Odblokování stoperů na přívodu	při změně (VT)	seřizovač		24,5		0,1
37	Kontroúčhyt(ů)/nastavení pozice stoperu	při změně (VT)	seřizovač	imbusový klíč 5 (4); pozice č.1 M14/M18, pozice č.2 M15/M16	24,6		0,5
38	Demontáž vakuového vozíku	při změně VT	seřizovač	imbusový klíč 4 a 5	25,1		1,0
39	Demontáž kleštiny	při změně VT	seřizovač	povolovací trn	26,1		0,6
40	Montáž kleštiny	při změně VT	seřizovač	povolovací trn	26,7		0,7
41	Kontroúčhyt(ů) výsledků 1.kusu po NT	při změně typu NT	seřizovač		27,3		1,0
42	Montáž vakuového vozíku	při změně VT	seřizovač	imbusový klíč 5	28,3		1,7
43	Montáž přívodových lišt VT	při změně VT	seřizovač	imbusový klíč 4 a 5	30,0		1,7
44	Demontáž sázecí hůchyt(ů)vy (odpojení kabelu, sjetí sázecí hůchyt(ů)vou z panelu a demontáž)	při změně úchyt(ů)	seřizovač	imbusový klíč 5	31,7		0,8
45	Montáž sázecí hůchyt(ů)vy	při změně úchyt(ů)	seřizovač	imbusový klíč 5	32,5		1,3
46	Demontáž/montáž otočného válečku	při změně úchyt(ů)	seřizovač	imbusový klíč 2	33,8		1,3
47	Demontáž/montáž dorazu pro úchyt (připojení přemostění)	při změně úchyt(ů)	seřizovač	imbusový klíč 3	35,2		3,3
48	Demontáž/montáž stoperů úchyt(ů)		seřizovač		38,5		1,0
49	Výměna sklíček	vždy	seřizovač	speciální klíč Trumpf	39,5		3,2
50	Montáž přívodových lišt úchyt(ů)	při změně úchyt(ů)	seřizovač	imbusový klíč 4 a 5	42,7		1,7
51	Kontroúčhyt(ů) plovoucí vůle	vždy	seřizovač	spároměrka	44,4		0,2
52	Naheftování 1.kusu (zapnutí ručního režimu z panelu, vložení nových komponentů)	vždy	seřizovač		44,6		2,2
53	Vizuální kontroúčhyt(ů) 1.kusu po heftování	vždy	seřizovač		46,8		0,7
54	Zadání případných korekcí(na optiku)a naheftování 2.kusu	vždy	seřizovač	předání 1ks-Zeiss,1ks-Metalografie(dovoz kusů provede obsluha)	47,5		1,3
55	Měření kusu na Zeissu z heft.st.A(B) (krátký program)	vždy při úchyt(ů)	měřák Zeiss	zkr. prog. úchyt(ů)	48,8	5,0	

Postup přeseřizení s NT-Všechny typy 2013				Zařízení : Svařovací linka 1-4			
Přeseřizení z :				Přeseřizení na :			
svařovaný rail F00R L00 ...				svařovaný rail F00R L00 ...			
Č.	Popis průběhu přeseřizení	KDY	KDO	Informace, nástroje, poučení, výměnné díly, ...	Čas po krocích [min]	Doba	
						externí [min]	interní [min]
56	Metalografie-Příprava vzorků z kusu heftovací stanice A(B)(1xVT,1xúchyt(ů))	vždy při VT,úchyt(ů) když jsou	měřák Metalografie	dovoz kusu provede obsluha	48,8	8,5	
57	Metalografie-vyhodnocení z heft.st. A(B)	vždy při VT,úchyt(ů) když jsou	měřák Metalografie		57,3	4,5	
58	Trhací zkouška zbylých VT a NT na kusu po metalografii z heft.st.A(B)+vyhodnocení	vždy	měřák Metalografie		61,8	12,1	
59	Opakování bodů 28-34 na druhé heftovací stanici B(A).	vždy při produkci na 2.roboty	pracovník		30,3	15,7	
60	Opakování bodů 35-54 na druhé heftovací stanici B(A)(mimo bodu 41)	vždy při produkci na 2.roboty	seřizovač		48,8		22,3
61	Měření kusu na Zeissu druhé heft.st.B(A)(krátký program) a předání výsledků seřizovači	vždy při úchyt(ů) a produkci na 2. roboty	měřák Zeiss	zkrácený program úchyt(ů)	71,1	5,0	
62	Opakování bodů 56-58 ke druhé heftovací stanici B(A)	vždy při VT,úchyt(ů) když jsou a produkci na 2.roboty	měřák Metalografie		71,1	25,1	
63	Čištění a nastavení greiferů na délku railu(oba roboti)+vyčištění crossjetu		pracovník	provede obsluha v překrytém čase	46,0	17,0	
64	Výměna upínacích pacek obou greifrů	při SW24/SW27	pracovník	provede obsluha v překrytém čase	63,0	3,0	
65	Přenastavení WT vozíků dle 786ANW2796 Nastavení WT	při změně typu/SW24/SW27	pracovník	provede obsluha v překrytém čase	66,0	20,0	
66	Výměna + čištění čepiček	při změně VT	pracovník	provede obsluha v překrytém čase	86,0	8,0	
67	Výměna šablon na polohu úchyt(ů)sche (st.118)	při úchyt(ů)	pracovník	provede obsluha v překrytém čase	94,0	3,0	
68	Výměna zarážek na vjezdu do "tunelu" CO2 boxu - 2 x 2 ks	při změně typu	pracovník	provede obsluha v překrytém čase	97,0	0,5	
69	Výměna kalibru NT St. 137-138 (Nasazování čepiček a viz. kontroúchyt(ů))	při změně typu NT	pracovník	provede obsluha v překrytém čase	97,5	0,5	
70	St.160 Túchyt(ů)ková zkoška NT - přenastavení	při změně typu railu	pracovník	provede obsluha v překrytém čase	98,0	5,0	
71	Montáž crossjetu + upnutí kusu z ruky přímo do greiferu		seřizovač		71,1		1,3
72	Zapnutí pilota a teachování (Y,Z) pomocí měrky, ve svařovací pozici,pak uložení		seřizovač		72,4		15,0
73	Rozepnutí kusu		seřizovač		87,4		0,5
74	Opakování bodů 71-73 na druhém robotu	vždy při produkci na 2.roboty	seřizovač		87,9		16,0
75	Svaření dvou kusů od obou robotů CO2 +kontroúchyt(ů)		seřizovač	obsluha předá 2ks(1x robot A,1x robot B) kusy pracovníkovi na Zeissu a 2ks(1x robot A,1x robot B) kusy pracovníkovi Metalografie	103,9		5,2
76	Nastavení razičky Pramark		seřizovač		109,1	4,0	
77	Chúchyt(ů)zení kusů(1x robot A,1x robot B)	vždy	měřák Zeiss	předepsaná doba chúchyt(ů)zení railu: do 300mm-14min., nad 300mm-18min	113,1		18,0
78	Měření 1.kusu z robota A(B) na Zeissu a předání výsledků seřizovači		měřák Zeiss	krátký program	131,1		4,5
79	Svaření dvou kusů (3. a 4.ks pro SPC měření) z robota A(B)		seřizovač	předání 2ks robot A(B) na Zeiss	135,6	3,5	
80	Měření 2.kusu z robota B(A) na Zeissu a předání výsledků seřizovači	vždy	měřák Zeiss	krátký program	135,6		4,5
81	Svaření dvou kusů (3. a 4.ks pro SPC měření) z robota B(A)		seřizovač	předání 2ks robot B(A) na Zeiss	140,1		3,5
82	Zapojení a naplnění vibrozerů VT/úchyt(ů)		seřizovač		143,6	10,0	
83	Kontroúchyt(ů),vyčištění,případná oprava původních přípravků (z Heft. + NT stanice)+vrácení na určené místo		seřizovač		153,6	5,2	
84	Chúchyt(ů)zení kusů(2x robot A(B)+2x robot B(A))	vždy	měřák Zeiss	předepsaná doba chúchyt(ů)zení railu: do 300mm-14min., nad 300mm-18min	139,1	4,5	18,0
85	Měření 3.kusu z robota A(B) na Zeissu	vždy	měřák Zeiss	krátký program	161,6		4,5
86	Měření 4.kusu z robota A(B)na Zeissu	vždy	měřák Zeiss	dlouhý program	166,1		8,0
87	Zápis výsledků měření robotu A(B) do SPC karet a uvolnění větve	vždy	měřák Zeiss		174,1	4,0	
88	Měření 3.kusu z robota B(A) na Zeissu	vždy při produkci na 2.roboty	měřák Zeiss	krátký program	174,1		4,5
89	Měření 4.kusu z robota B(A) na Zeissu	vždy při produkci na 2.roboty	měřák Zeiss	dlouhý program	178,6		8,0
90	Zápis výsledků měření robota A(B) do SPC karet a uvolnění větve	vždy při produkci na 2.roboty	měřák Zeiss		186,6		4,0
91	Metalografie-Příprava vzorků z kusu po CO2 z robota A(B) (všechny VT,úchyt(ů))	vždy při VT,úchyt(ů) když jsou	měřák Metalografie č.1	dovoz kusu provede obsluha	113,1	18,0	
92	Metalografie-vyhodnocení kusu po CO2 z robota A(B)	vždy při VT,úchyt(ů) když jsou	měřák Metalografie č.2		131,1	12,0	
93	Metalografie-Příprava vzorků z kusu po CO2 z robota B(A) (všechny VT,úchyt(ů))	vždy při VT,úchyt(ů) když jsou	měřák Metalografie č.1	dovoz kusu provede obsluha	131,1	18,0	
94	Metalografie-vyhodnocení kusu po CO2 z robota B(A)	vždy při VT,úchyt(ů) když jsou	měřák Metalografie č.1		149,1	12,0	
				Doba přeseřizení : Časová ztráta přeseřizením :			
				186,6			

Příloha č. 2 Standard přeseřzení pro typy bez NT vývodu



Postup přeseřizení bez NT-všechny typy 2013				Zařízení : Svařovací linka 1-4			
Platné pro :		Přeseřizení z : svařovaný rail F00R L00 ...		Přeseřizení na : svařovaný rail F00R L00 ...			
Č.	Popis průběhu přeseřizení	KDY	KDO	Informace, nástroje, poučení, výměnné díly, ...	Čas po krocích [min]	Doba externí [min] interní [min]	
1	Příprava komponentů, přípravků a náradí	vždy	seřizovač	vozík na komponenty, přeseřizovací vozík, náradí,promazání kleštín,	-15,0	15,0	
2	Navolení programu na VPP,nastavení robotů do servis.pozice,demontáž crossjetu	vždy	seřizovač	seřizovač otevře CO2 box a nastaví roboty ser.pozice	0,0		2,5
3	Přepnutí linky do offline režimu	vždy	seřizovač		2,5		0,2
4	Odpojení vibračních zásobníků pro VT a úchyt(u)	při změně (VT + úchyt(u))	seřizovač/obsluha	provede obsluha v překrytém čase	2,5		5,0
5	Vyprázdnění přívodních lišt VT +úchyt(u)	při změně (VT + úchyt(u))	seřizovač/obsluha	provede obsluha v překrytém čase	7,5		3,0
6	Demontáž přívodových lišt VT +úchyt(u)	při změně (VT + úchyt(u))	seřizovač/obsluha	provede obsluha v překrytém čase -imbusový klíč 4 a 5	10,5		3,0
7	Demontáž a montáž upínacího válce na pojezdu koníku	ø30/ø33	pracovník	imbusový klíč 2 a 5	13,5	2,0	
8	Demontáž a montáž upínací húchyt(u)vy na pojezdu	SW24/SW27	pracovník	imbusový klíč 4	15,5	1,6	
9	Nastavení rozteče koníku	vždy kontroúchyt(u)(podle délky railu + 14mm)	pracovník	měrka č. 500 806	17,1	1,1	
10	Navolení programu na heftovací stanici	vždy	seřizovač		13,5		0,5
11	Odblokování stoperů na přívodu	při změně (VT)	seřizovač		14,0		0,1
12	Kontroúchyt(u)/nastavení pozice stoperu	při změně (VT)	seřizovač	imbusový klíč 5 (4); pozice č.1 M14/M18, pozice č.2 M15/M16	14,1		0,1
13	Demontáž vakuového vozíku	při změně VT	seřizovač	imbusový klíč 4 a 5	14,2		1,0
14	Demontáž kleštiny	při změně VT	seřizovač	povolovací trn	15,2		0,6
15	Montáž kleštiny	při změně VT	seřizovač	povolovací trn	15,7		0,7
16	Montáž vakuového vozíku	při změně VT	seřizovač	imbusový klíč 5	16,4		1,7
17	Montáž přívodových lišt VT	při změně VT	seřizovač	imbusový klíč 4 a 5	18,1		1,7
18	Demontáž sázecí húchyt(u)vy (odpojení kabelu, sjetí sázecí húchyt(u)vou z panelu a demontáž)	při změně úchyt(u)	seřizovač	imbusový klíč 5	19,7		0,8
19	Montáž sázecí húchyt(u)vy	při změně úchyt(u)	seřizovač	imbusový klíč 5	20,6		1,3
20	Demontáž/montáž otočného válečku	při změně úchyt(u)	seřizovač	imbusový klíč 2	21,9		1,3
21	Demontáž/montáž dorazu pro úchyt (připojení přemostění)	při změně úchyt(u)	seřizovač	imbusový klíč 3	23,2		3,3
22	Demontáž/montáž stoperu úchyt(u)		seřizovač		26,6		0,5
23	Výměna sklíček	vždy	seřizovač	speciální klíč Trumpf	26,6		3,2
24	Montáž přívodových lišt úchyt(u)	při změně úchyt(u)	seřizovač	imbusový klíč 4 a 5	29,8		1,7
25	Kontroúchyt(u) plovoucí vůle	vždy	seřizovač	spároměrka	31,4		0,2
26	Naheftování 1.kusu (zapnutí ručního režimu z panelu, vložení nových komponentů)	vždy	seřizovač		31,6		2,2
27	Vizuální kontroúchyt(u) 1.kusu po heftování	vždy	seřizovač		33,8		0,7
28	Zadání případných korekcí(na optiku)a naheftování 2.kusu	vždy	seřizovač	předání 1ks-Zeiss,1ks-Metalografie(dovoz kusů provede obsluha)	34,5		1,3
29	Měření kusu na Zeissu z heft.st.A(B) (krátký program) a předání výsledků seřizovači	vždy při úchyt(u)	měřák Zeiss	zkrácený program LA	35,8	5,0	
30	Metalografie-Příprava vzorků z kusu heftovací stanice A(B)(1xVT ,1xúchyt(u))	vždy při VT ,úchyt(u) když jsou	měřák Metalografie	dovoz kusu provede obsluha	35,8	8,5	
31	Metalografie-vyhodnocení z heft.st. A(B)	vždy při VT ,úchyt(u) když jsou	měřák Metalografie		44,3	4,5	
32	Trhací zkouška zbylých VT na kusu po metalografii z heft.st.A(B)+vyhodnocení	vždy	měřák Metalografie		48,8	12,1	
33	Opakování bodů 4-9 na druhé heftovací stanici B(A)	vždy při produkci na 2.roboty	pracovník		18,2	15,7	
34	Opakování bodů 10-28 na druhé heftovací stanici B(A)	vždy při produkci na 2.roboty	seřizovač		35,8		22,3
35	Měření kusu na Zeissu druhé heft.st.B(A)(krátký program) a předání výsledků seřizovači	vždy při úchyt(u) a produkci na 2. roboty	měřák Zeiss	zkrácený program LA	58,1	5,0	
36	Opakování bodů 30-32 ke druhé heftovací stanici B(A)	vždy při VT ,úchyt(u) když jsou a produkci na 2.roboty	měřák Metalografie		58,1	25,1	
37	Čištění a nastavení greiferů na délku railu(oba roboti)+vyčištění crossjetu		pracovník	provede obsluha v překrytém čase	33,9	17,0	
38	Výměna upínacích pacek obou greifrů	při SW24/SW27	pracovník	provede obsluha v překrytém čase	50,9	3,0	
39	Přenastavení WT vozíků dle 786ANW2796 Nastavení WT	při změně typu/SW24/SW27	pracovník	provede obsluha v překrytém čase	53,9	20,0	
40	Výměna + čištění čepiček	při změně VT	pracovník	provede obsluha v překrytém čase	73,9	8,0	
41	Výměna šablon na polohu úchyt(u)sche (st.118)	při úchyt(u)	pracovník	provede obsluha v překrytém čase	81,9	3,0	
42	Výměna zarážek na vjezdu do "tunelu" CO2 boxu - 2 x 2 ks	při změně typu	pracovník	provede obsluha v překrytém čase	84,9	0,5	
43	Montáž crossjetu + upnutí kusu z ruky přímo do greiferu		seřizovač	imbusový klíč 5	58,1		1,3
44	Zapnutí pilota a teachování (Y,Z) pomocí měrky, ve svařovací pozici,pak uložení		seřizovač		59,4		15,0
45	Rozepnutí kusu		seřizovač		74,4		0,5
46	Opakování bodů 43-45 na druhém robotu	vždy při produkci na 2.roboty	seřizovač	nastavení HD a Laschí nastavovacího trnu	74,9		16,0
47	Svaření dvou kusů od obou robotů CO2 +kontroúchyt(u)		seřizovač	obsluha předá 2ks(1x robot A,1x robot B) kusy pracovníkovi na Zeissu a 2ks(1x robot A,1x robot B) kusy pracovníkovi Metalografie	90,9		5,2
48	Nastavení razičky Pramark		seřizovač		96,1	4,0	
49	Chúchyt(u)zení kusů(1x robot A,1x robot B)	vždy	měřák Zeiss	předepsaná doba chlazení railu: do 300mm-14min., nad 300mm-18min	96,1		18,0
50	Měření 1.kusu z robota A(B) na Zeissu a předání výsledků seřizovači		měřák Zeiss	krátký program	114,1		4,5
51	Svaření dvou kusů (3. a 4.ks pro SPC měření) z robota A(B)	vždy	seřizovač	předání 2ks robot A(B) na Zeiss	118,6	3,5	

Postup přeseřizení bez NT-všechny typy 2013				Zařízení : Svařovací linka 1-4			
Platné pro :		Přeseřizení z : svařovaný rail F00R L00 ...		Přeseřizení na : svařovaný rail F00R L00 ...			
Č.	Popis průběhu přeseřizení	KDY	KDO	Informace, nástroje, poučení, výměnné díly, ...	Čas po krocích [min]	Doba externí [min] interní [min]	
52	Měření 2.kusu z robota B(A) na Zeissu a předání výsledků seřizovači		měřák Zeiss	krátký program	118,6		4,5
53	Svaření dvou kusů (3. a 4.ks pro SPC měření) z robota B(A)	vždy při produkci na 2.roboty	seřizovač	předání 2ks robot B(A) na Zeiss	123,1		3,5
54	Kontroúchyt(u),vyčištění,případná oprava původních přípravků (z Heft.stanice)+vrácení na určené místo		seřizovač		126,6	5,2	
55	Chúchyt(u)zení kusů(2x robot A(B)+2x robot B(A))	vždy	měřák Zeiss	předepsaná doba chlazení railu: 300mm-14min., nad 300mm-18min do	122,1	4,5	18,0
56	Měření 3.kusu z robota A(B) na Zeissu	vždy	měřák Zeiss	krátký program	140,1		4,5
57	Měření 4.kusu z robota A(B)na Zeissu	vždy	měřák Zeiss	dlouhý program	144,6		8,0
58	Zápis výsledků měření robotu A(B) do SPC karet a uvolnění větve	vždy	měřák Zeiss		152,6	4,0	
59	Měření 3.kusu z robota B(A) na Zeissu	vždy při produkci na 2.roboty	měřák Zeiss	krátký program	152,6		4,5
60	Měření 4.kusu z robota B(A) na Zeissu	vždy při produkci na 2.roboty	měřák Zeiss	dlouhý program	157,1		8,0
61	Zápis výsledků měření robota A(B) do SPC karet a uvolnění větve	vždy při produkci na 2.roboty	měřák Zeiss		165,1		4,0
62	Metalografie-Příprava vzorků z kusu po CO2 z robota A(B) (všechny VT ,úchyt(u))	vždy při VT ,úchyt(u) když jsou	měřák Metalografie č.1	dovoz kusu provede obsluha	96,1	18,0	
63	Metalografie-vyhodnocení kusu po CO2 z robota A(B)	vždy při VT ,úchyt(u) když jsou	měřák Metalografie č.2		114,1	12,0	
64	Metalografie-Příprava vzorků z kusu po CO2 z robota B(A) (všechny VT ,úchyt(u))	vždy při VT ,úchyt(u) když jsou	měřák Metalografie č.1	dovoz kusu provede obsluha	114,1	18,0	
65	Metalografie-vyhodnocení kusu po CO2 z robota B(A)	vždy při VT ,úchyt(u) když jsou	měřák Metalografie č.1		132,1	12,0	
				Doba přeseřizení : Časová ztráta přeseřizením :	[min] 169,1 [min]		

Příloha č. 3 Laboratorní zpráva testu mikrotvrdosti svarů

<i>Téma/ Topic</i>	Rail – tvrdostní průběh sváru přípojek
<i>Dílec / Teil / Part</i>	Rail
<i>Zadavatel / Auftraggeber / Submitter</i>	Alexová Jana JhP/MFR23
<i>Rozdělovník / Verteiler / Distribution list</i>	Alexová Jana JhP/MFR23
<i>Vzorek / Muster / Sample</i>	510, 511 - 12 (Rail 1) 526, 527 -12) (Rail 2) 524, 525 -12) (Rail 3)
<i>Příloha / Anlage / Appendix</i>	Grafy a obrázky 6.1 – 6.34

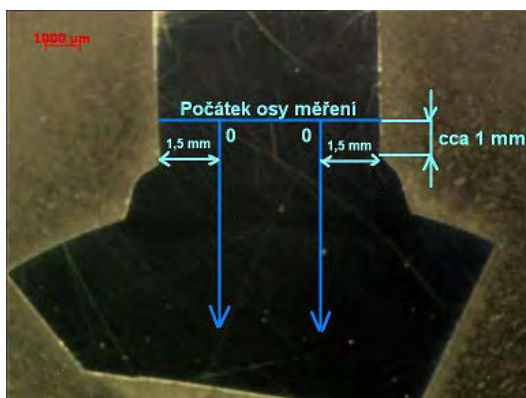
1. Úkol: (Zadání – originál překopírován)

Dodány 3 raily s různým postupem chlazení. Rail č.1 prudce ochlazen ponořením do vody, rail č.2 chlazen pomocí ventilátoru, rail č.3 chlazen postupně při okolní teplotě. Vždy na levém i pravém sváru jednoho VT vývodu (M18) a jednoho úchyty pro každý rail určit mikrostrukturu a provést tvrdostní proměření oblasti sváru. VT vývody i úchyty, na kterých bude provedena analýza, budou označeny fixou.

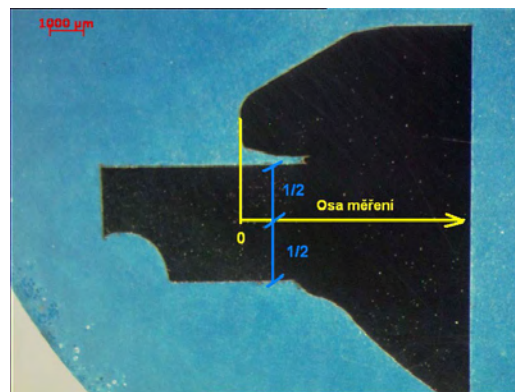
2. Údaje o vzorku

Byly dodány tři kusy railu. Zákazník: Bližší data nebyla specifikována. Po dohodě, bylo místo měření u přípojky provedeno v oblastech dle náčrtu č. 1. Místo měření u VT vývodu je zachyceno v náčrtu 2.

Náčrt. 1



Náčrt. 2



<i>Vypracoval / Bearbeiter / Author</i>	<i>Laboratoř / Labor / Lab</i>	<i>Tel.:</i>	<i>Datum / Date</i>
Sgnd. Kohout M.	JhP / QMM1.62	5240	27.11.2012
<i>Uvolnil / Freigegeben / Approval</i>	<i>Laboratoř / Labor / Lab</i>	<i>Tel.:</i>	<i>Datum / Date</i>
Sgnd. Kružík P.	JhP / QMM1.62	3308	27.11.2012

Veškerá měřítka a měření uvedená na snímcích pořízených světelnou nebo elektronovou mikroskopií slouží pouze pro informaci. Tato technika není zahrnuta v metrologické evidenci a správě měřidel.

FRM-JhP/QMM-033.3 z 01.12.2011

**3. Použité analytické metody:**

Na vzorcích byl v inkriminované oblasti proveden příčný řez a následně zhotoveny metalografické výbrusy. Ty byly připraveny a vyleštěny za pomoci přístrojů firmy Struers a Buehler. Pro snímkování byl použit prohlížeč mikroskop Stemi 2000-C a optický mikroskop Axioplan 2 od firmy Carl Zeiss. K měření tvrdosti byl využit mikrotvrdoměr Wolpert TESTOR 2100.

4. Výsledek:

V grafech jsou zdokumentovány tvrdosti v jednotlivých oblastech sváru. Tvrdost byla měřena metodou HV1. Samotný tvar sváru a také jednotlivé přechodové vrstvy jsou dostatečně zdokumentovány na jednotlivých fotografiích. Samotný svár má typicky dentritickou strukturu. Významný rozdíl v dentritické struktuře mezi jednotlivými raily nebyl zaznamenán. Porovitost sváru je pouze konstatována a je u všech vzorků brána jako známý jev.

5. Shrnutí:

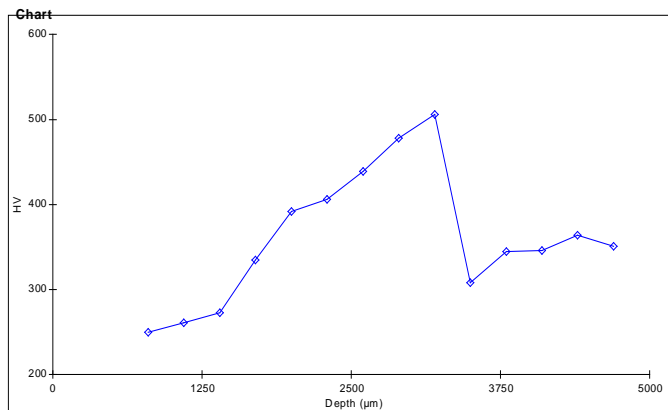
Průběhy tvrdosti (grafy) dokumentují tvrdosti v jednotlivých oblastech svařovaného spoje. Každá samotná fotografie dokumentují oblast jednotlivých sváru z hlediska makrostrukturu i mikrostrukturu.

Struktura samotného základního sváru má charakter dentritického seskupení. Mezi vzorky nebyl nalezen pozorovatelný rozdíl. Jednotlivé sváry při zvětšení 50x jsou zachyceny na fotografiích v příloze. Na obr. 6.31 je struktura sváru zvětšena 500x.

Struktura samotných úchytek je tvořeny feriticko-perlitickou matricí (obr. 6.32). Také zde nebyl nalezen znatelný rozdíl mezi vzorky railů.

VT přípojky jsou tvořeny feriticko-perlitickou strukturou s jasným řádkovitým charakterem (obrázek 6.33). Ani zde nebyl nalezen rozdíl mezi jednotlivými vzorky.

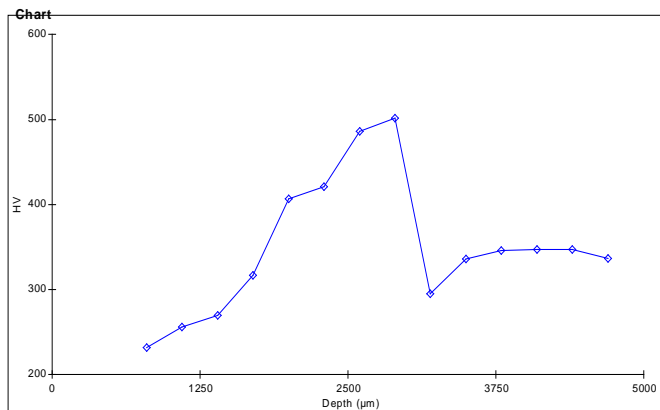
Struktura tělesa railu na obrázku 6.34 je převážně tvořena směsí bainitu a martenzitu s přítomností perlitu a feritu.

**6. Příloha****6.1 Rail 1 úchytko-strana A****Chart Values**

Field #	Hardness HV	Depth µm	H Diag. µm	V Diag. µm
1	250	799.5	85.3	86.9
2	261	1099.6	83.5	85.2
3	273	1399.6	85.9	79.0
4	335	1699.6	75.2	73.7
5	392	1999.6	69.5	68.0
6	406	2299.6	67.6	67.6
7	439	2599.6	64.8	65.2
8	478	2899.6	62.9	61.7
9	506	3199.7	60.5	60.5
10	308	3499.7	77.3	77.9
11	345	3799.7	73.4	73.3
12	346	4099.7	72.8	73.5
13	364	4399.7	71.3	71.5
14	351	4699.7	73.0	72.3

Sample Statistics

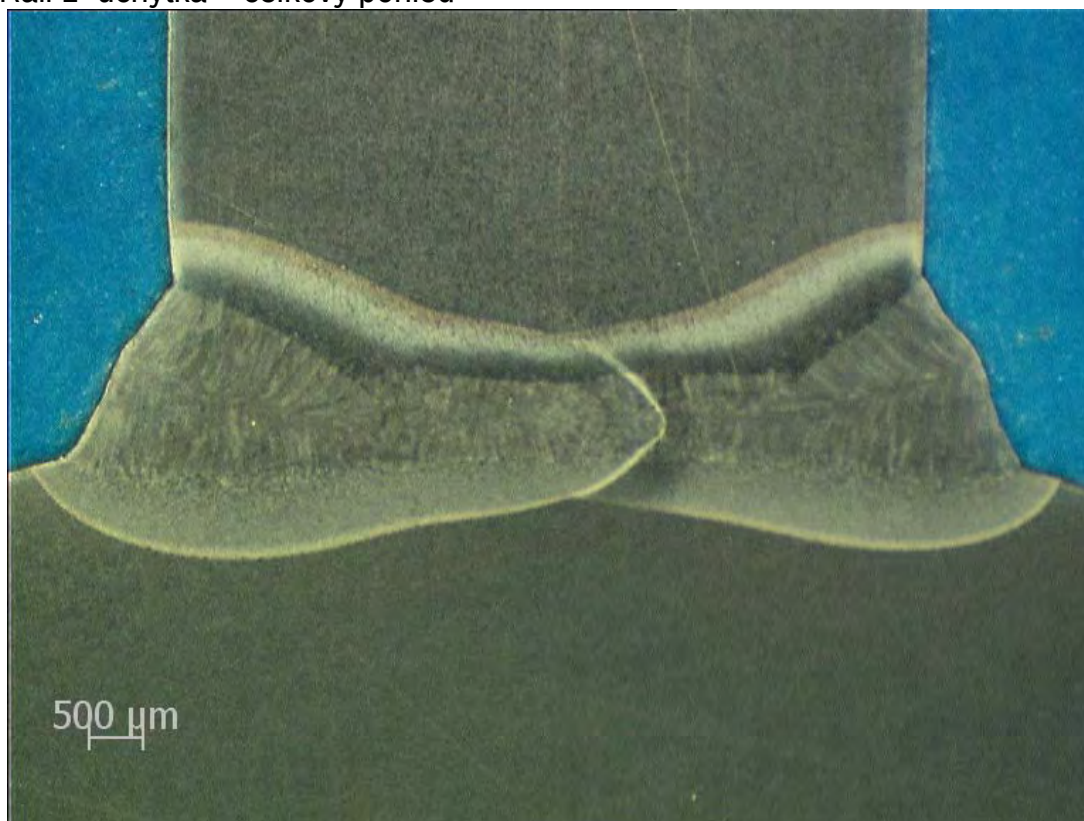
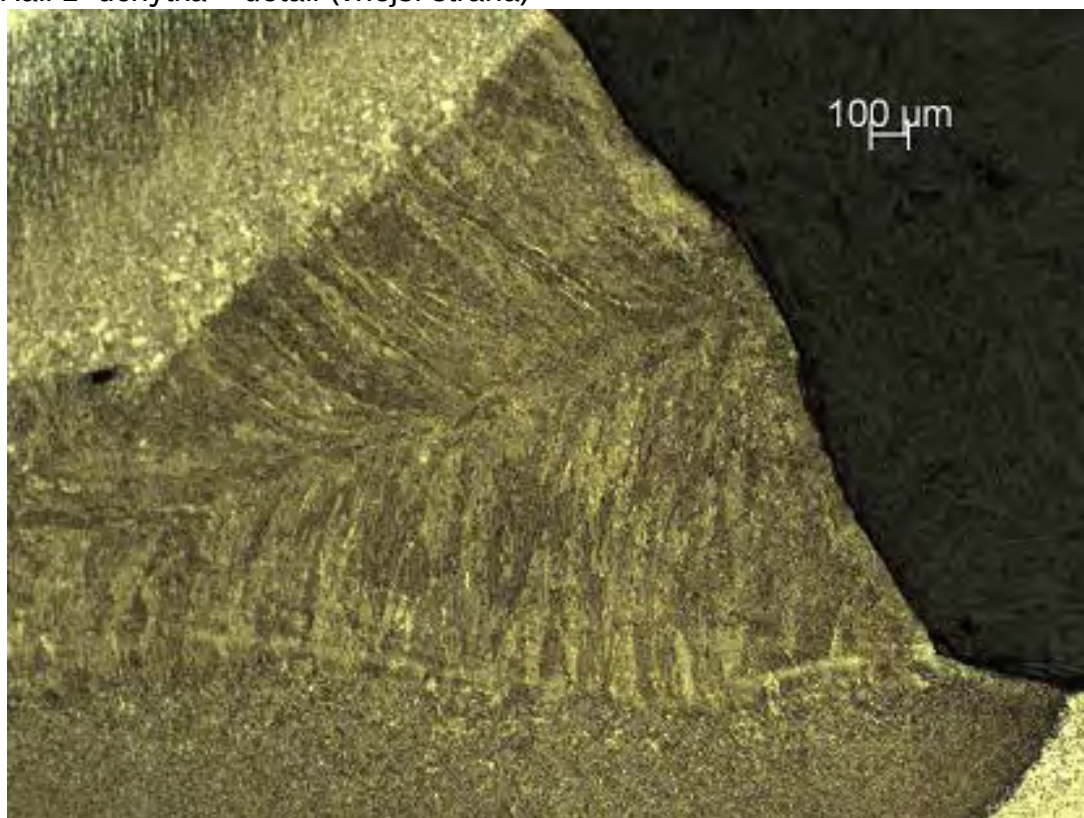
Minimum:	250 HV	
Maximum:	506 HV	
Count:	14 of 14	
<hr/>		
	Hardness	Depth
Eff.	550 HV	[out of range]
Total	0 HV	[out of range]

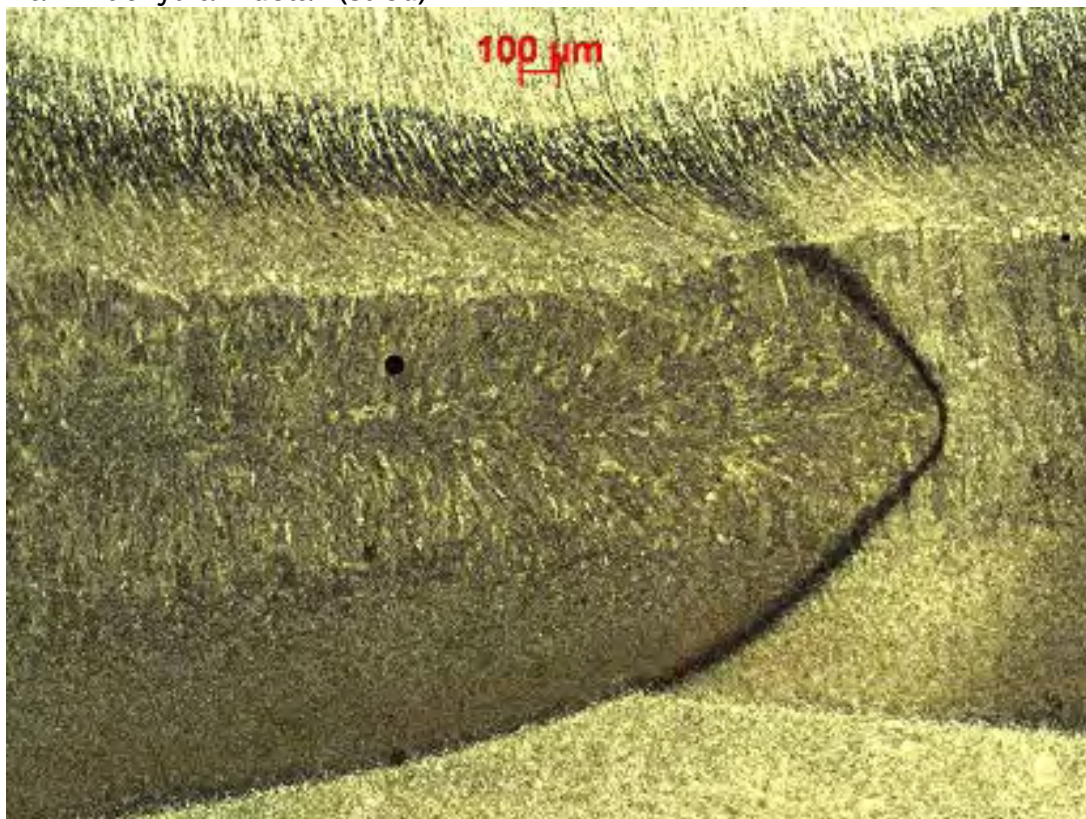
6.2 Rail 1 úchytko-strana B**Chart Values**

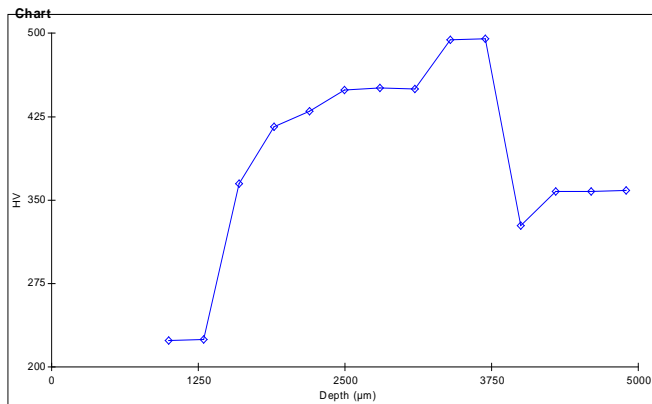
Field #	Hardness HV	Depth µm	H Diag. µm	V Diag. µm
1	232	799.5	87.8	90.9
2	256	1099.5	84.3	86.0
3	270	1399.5	82.4	83.4
4	317	1699.5	78.7	74.3
5	407	1999.5	67.2	67.8
6	421	2299.5	65.6	67.2
7	486	2599.5	59.8	63.8
8	502	2899.5	60.9	60.7
9	295	3199.5	79.0	79.4
10	336	3499.5	74.0	74.7
11	346	3799.5	73.4	73.1
12	347	4099.5	73.0	73.1
13	347	4399.5	73.0	73.1
14	337	4699.5	74.2	74.1

Sample Statistics

Minimum:	232 HV	
Maximum:	502 HV	
Count:	14 of 14	
<hr/>		
	Hardness	Depth
Eff.	550 HV	[out of range]
Total	0 HV	[out of range]

**6.3 Rail 1 úchytka – celkový pohled****6.4 Rail 1 úchytka – detail (vnější strana)**

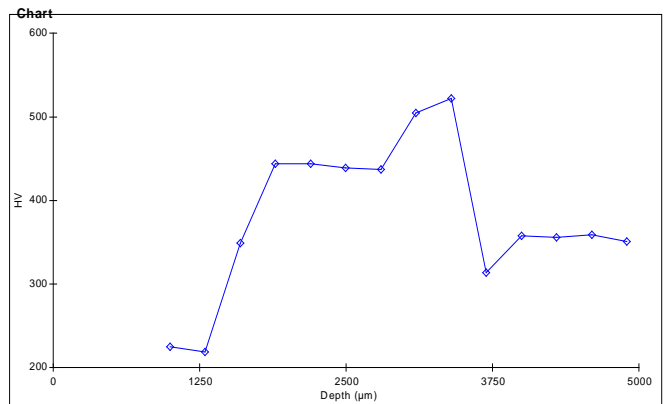
**6.5 Rail 1 úchytky – detail (střed)**

**6.6 Rail 1 přípojka VT-strana A****Chart-Values**

Field #	Hardness HV	Depth µm	H Diag. µm	V Diag. µm
1	224	999.5	90.9	91.1
2	225	1299.5	90.7	90.7
3	365	1599.5	71.6	70.9
4	416	1899.5	66.4	67.2
5	430	2199.5	65.8	65.6
6	449	2499.5	64.2	64.2
7	451	2799.5	64.1	64.2
8	450	3099.5	65.0	63.4
9	494	3399.5	61.3	61.3
10	495	3699.5	61.1	61.3
11	327	3999.5	74.0	76.7
12	358	4299.5	72.0	71.9
13	358	4599.5	72.0	71.9
14	359	4899.5	71.8	71.9

Sample-Statistics

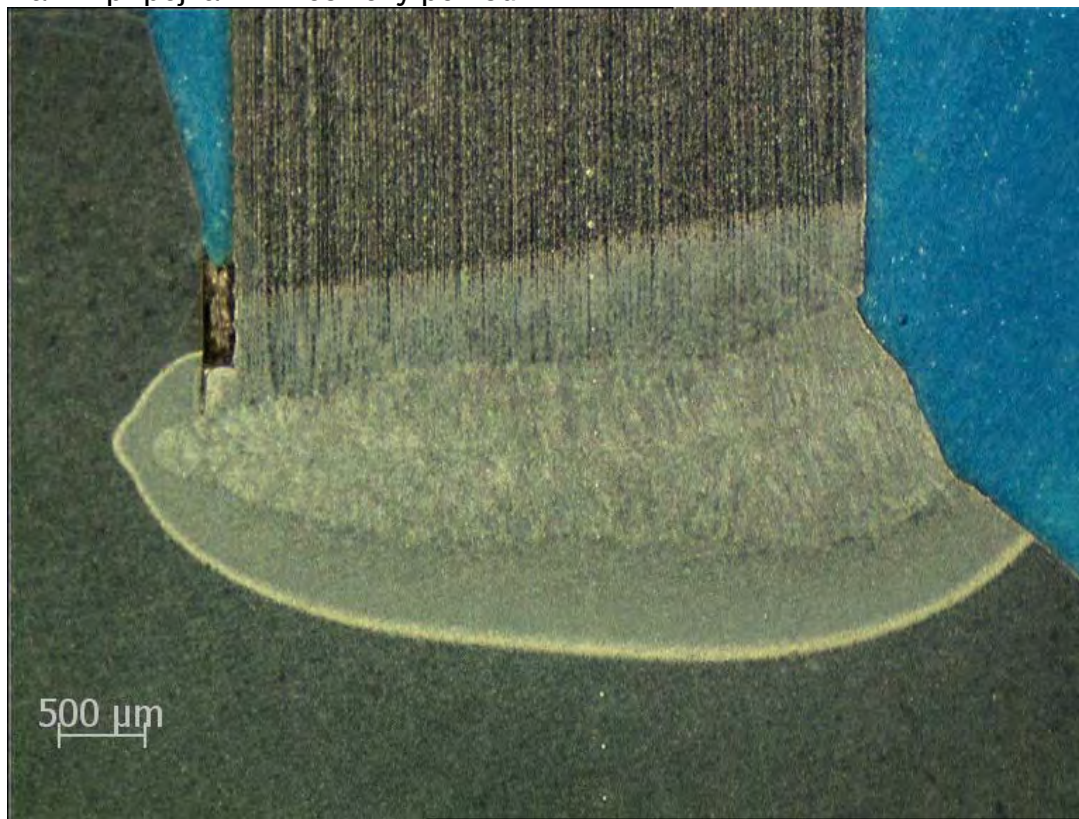
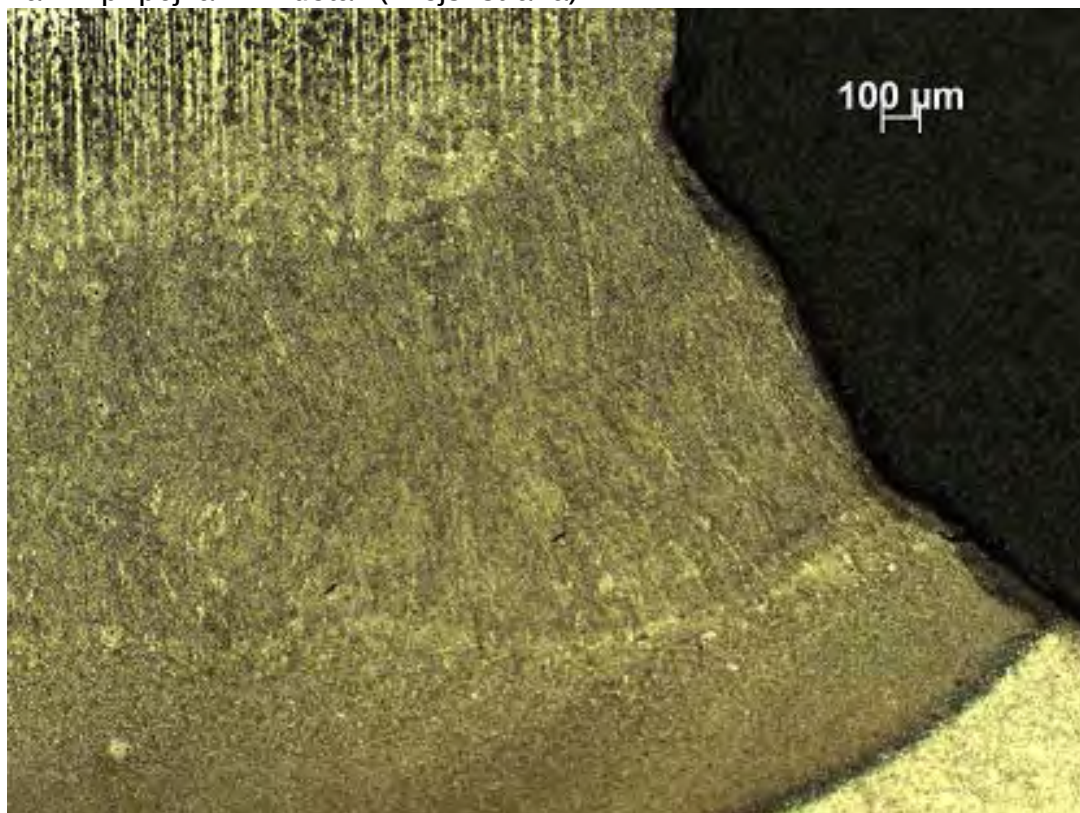
Minimum:	224 HV	
Maximum:	495 HV	
Count:	14 of 14	
<hr/>		
	Hardness	Depth
Eff.	550 HV	[out of range]
Total	0 HV	[out of range]

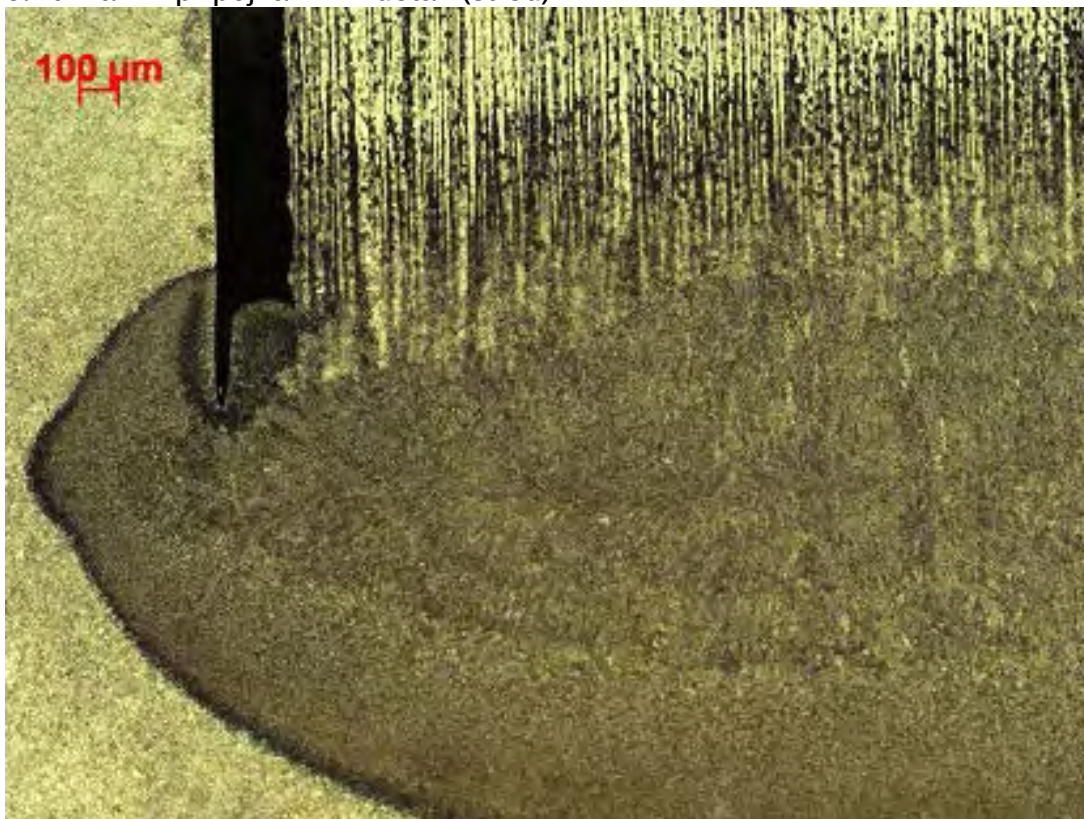
6.7 Rail 1 přípojka VT-strana B**Chart-Values**

Field #	Hardness HV	Depth µm	H Diag. µm	V Diag. µm
1	225	999.5	91.3	90.3
2	219	1299.5	91.3	92.7
3	349	1599.5	71.5	74.3
4	444	1899.5	65.0	64.2
5	444	2199.5	65.0	64.2
6	439	2499.5	65.2	64.8
7	437	2799.5	65.4	64.8
8	505	3099.5	60.0	61.3
9	522	3399.5	59.2	60.1
10	314	3699.5	76.1	77.7
11	358	3999.5	71.8	72.1
12	356	4299.5	72.0	72.3
13	359	4599.5	72.0	71.7
14	351	4899.5	72.2	73.1

Sample-Statistics

Sample Statistics		
Minimum:	219 HV	
Maximum:	522 HV	
Count:	14 of 14	
	Hardness	Depth
Eff.	550 HV	[out of range]
Total	0 HV	[out of range]

**6.8 Rail 1 přípojka VT – celkový pohled****6.9 Rail 1 přípojka VT– detail (vnější strana)**

**6.10 Rail 1 přípojka VT – detail (střed)**

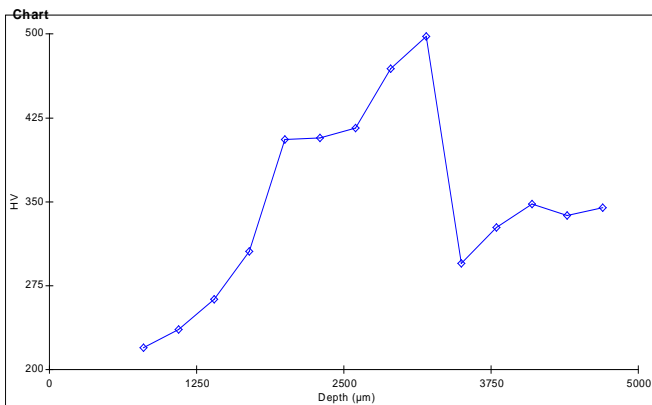
**6.11 Rail 2 úchytka-strana A**

Chart-Values

Field #	Hardness HV	Depth µm	H Diag. µm	V Diag. µm
1	220	799.5	90.7	93.1
2	236	1099.5	85.7	91.7
3	263	1399.5	83.5	84.4
4	306	1699.5	77.7	78.1
5	406	1999.5	67.2	68.0
6	407	2299.5	67.9	67.0
7	416	2599.5	65.6	68.0
8	469	2899.5	62.5	63.2
9	498	3199.5	60.9	61.1
10	295	3499.5	79.2	79.2
11	327	3799.5	75.3	75.3
12	348	4099.5	75.3	70.5
13	338	4399.5	75.5	72.5
14	345	4699.6	74.8	71.9

Sample-Statistics

Minimum:	220 HV	
Maximum:	498 HV	
Count:	14 of 14	
	Hardness	Depth
Eff.	550 HV	[out of range]
Total	0 HV	[out of range]

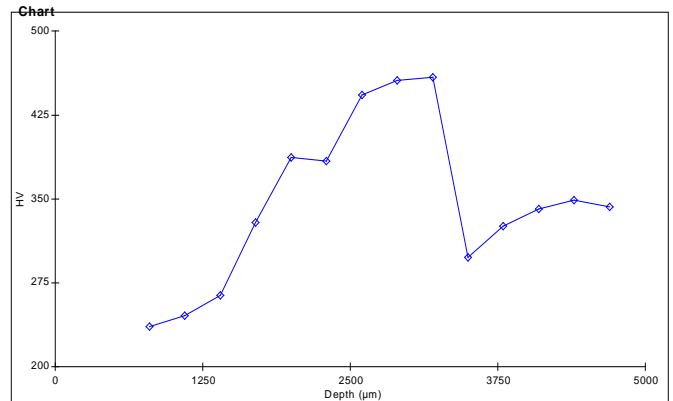
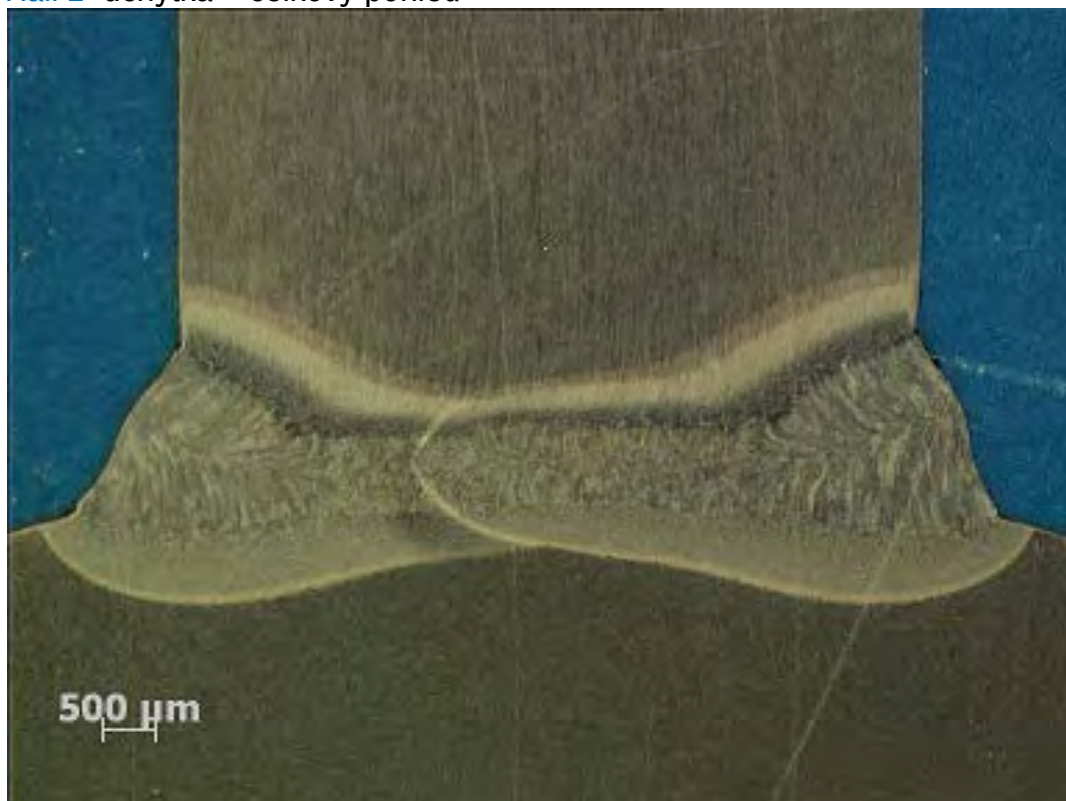
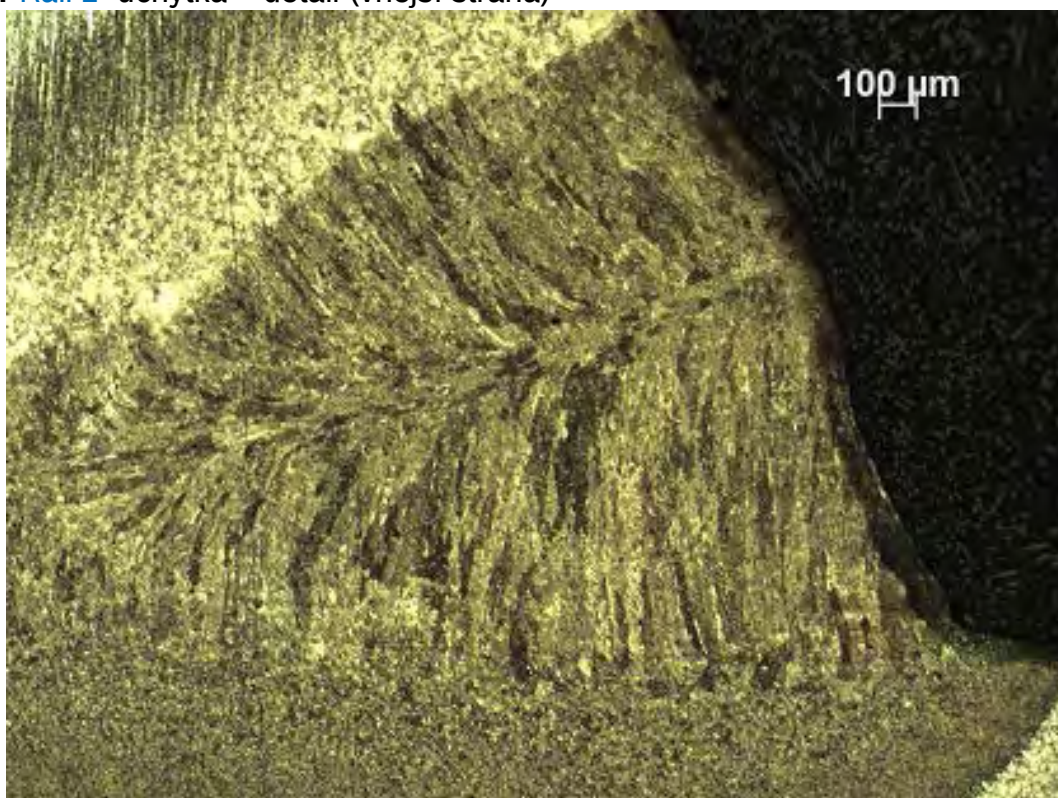
6.12 Rail 2 úchytka-strana B

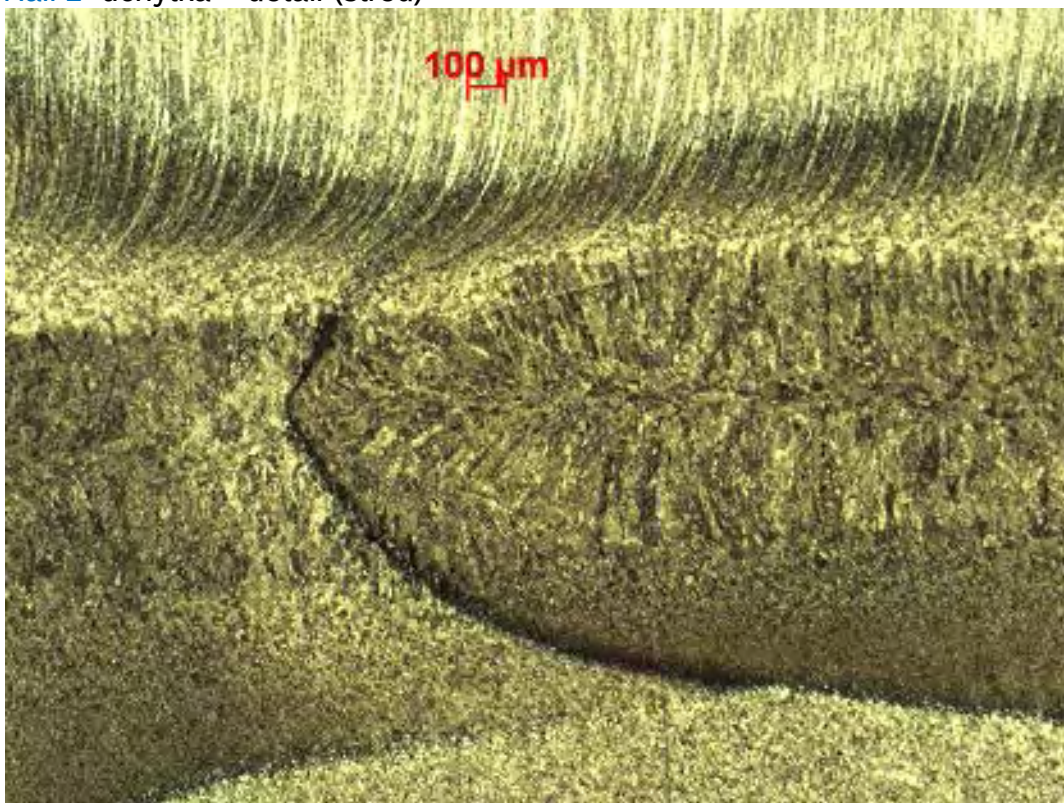
Chart-Values

Field #	Hardness HV	Depth µm	H Diag. µm	V Diag. µm
1	236	799.5	88.2	88.9
2	246	1099.5	85.3	88.3
3	264	1399.5	82.9	84.6
4	329	1699.5	75.5	74.7
5	387	1999.5	68.9	69.6
6	384	2299.6	69.3	69.8
7	443	2599.6	64.8	64.6
8	456	2899.6	63.7	63.8
9	459	3199.6	63.5	63.6
10	298	3499.6	79.6	78.3
11	326	3799.6	74.6	76.3
12	341	4099.6	74.2	73.3
13	349	4399.6	73.6	72.1
14	343	4699.6	73.8	73.3

Sample-Statistics

Minimum:	236 HV	
Maximum:	459 HV	
Count:	14 of 14	
	Hardness	Depth
Eff.	550 HV	[out of range]
Total	0 HV	[out of range]

**6.13** Rail 2 úchytka – celkový pohled**6.14** Rail 2 úchytka – detail (vnější strana)

**6.15** Rail 2 úchytka – detail (střed)

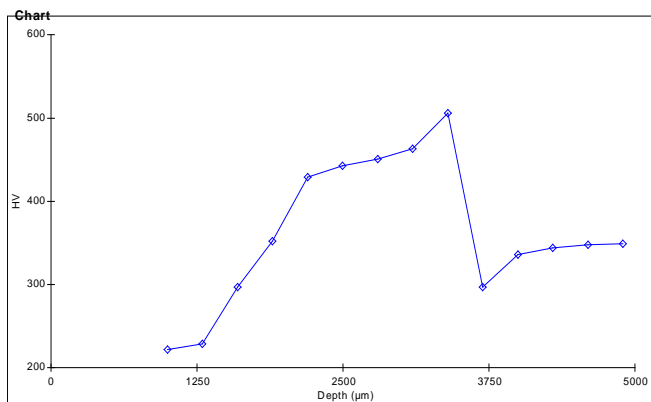
**6.16 Rail 2** přípojka VT-strana A

Chart Values

Field #	Hardness HV	Depth μm	H Diag. μm	V Diag. μm
1	222	999.6	91.9	90.9
2	229	1299.6	89.2	90.7
3	297	1599.7	78.7	79.4
4	352	1899.7	72.4	72.7
5	429	2199.7	65.4	66.0
6	443	2499.8	63.9	65.6
7	451	2799.8	63.9	64.4
8	463	3099.8	62.9	63.6
9	506	3399.9	60.5	60.5
10	297	3699.9	78.5	79.6
11	336	3999.9	74.4	74.3
12	344	4300.0	73.2	73.7
13	348	4600.0	72.8	73.1
14	349	4899.5	72.0	73.7

Sample Statistics

Sample Statistics		
Minimum:	222 HV	
Maximum:	506 HV	
Count:	14 of 14	
	Hardness	Depth
Eff.	550 HV	[out of range]
Total	0 HV	[out of range]

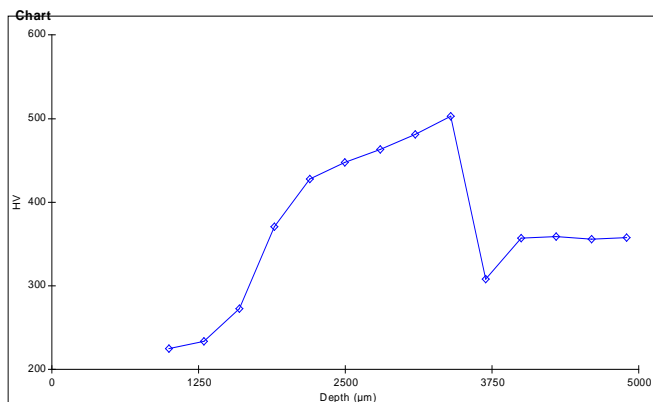
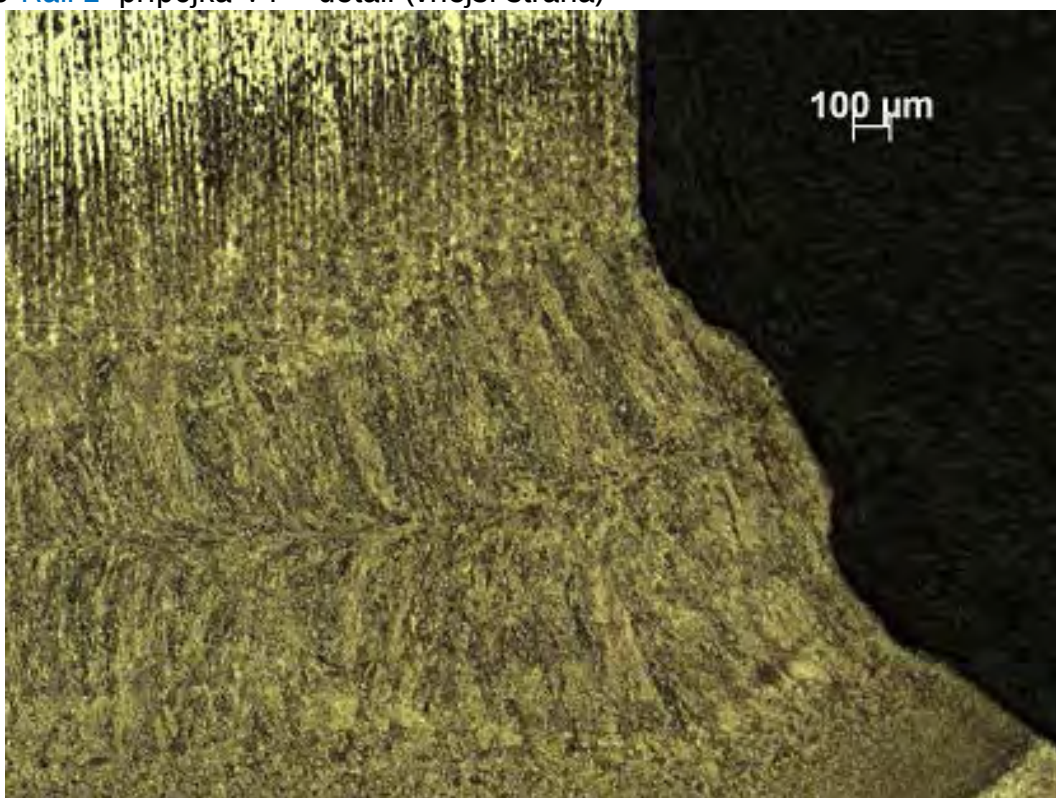
6.17 Rail 2 přípojka VT-strana B

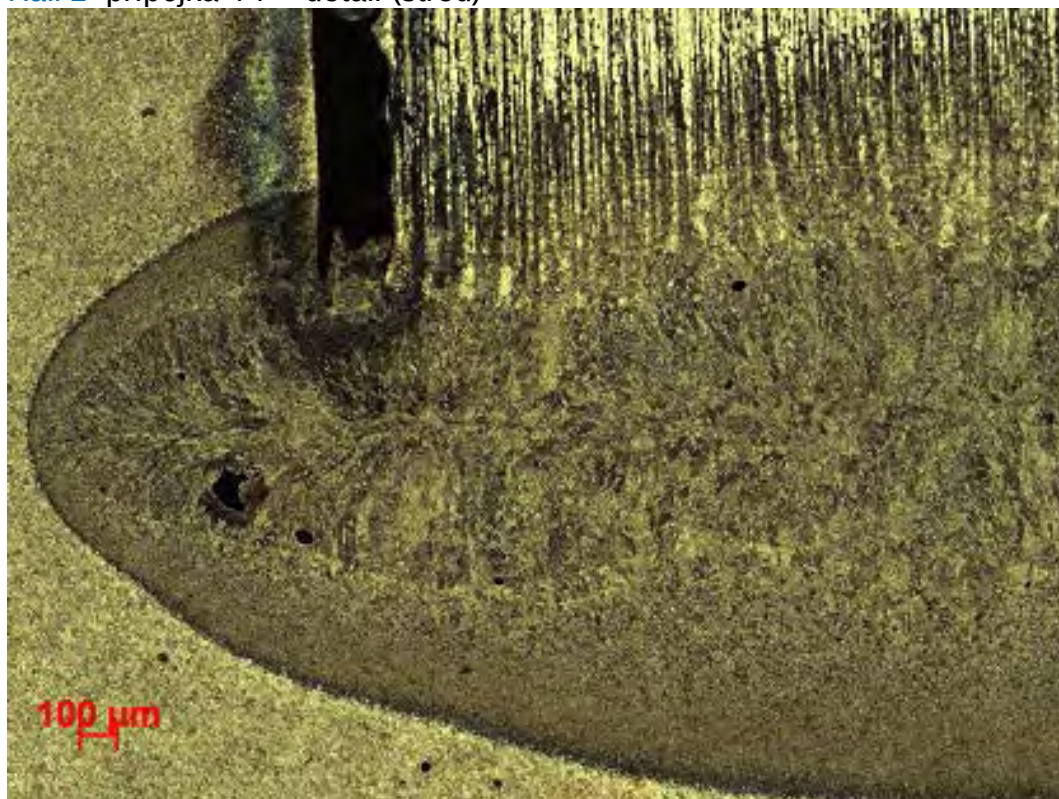
Chart Values

Field #	Hardness HV	Depth μm	H Diag. μm	V Diag. μm
1	225	999.5	90.1	91.5
2	234	1299.5	88.0	90.1
3	273	1599.5	81.8	83.0
4	371	1899.5	70.7	70.7
5	428	2199.5	66.6	65.0
6	448	2499.5	64.1	64.6
7	463	2799.6	63.3	63.2
8	481	3099.6	61.9	62.2
9	503	3399.6	61.3	60.1
10	308	3699.6	77.9	77.3
11	357	3999.6	71.6	72.5
12	359	4299.6	71.6	72.1
13	356	4599.6	72.2	72.1
14	358	4899.6	71.8	72.1

Sample Statistics

Sample Statistics		
Minimum:	225 HV	
Maximum:	503 HV	
Count:	14 of 14	
	Hardness	Depth
Eff.	550 HV	[out of range]
Total	0 HV	[out of range]

**6.18 Rail 2** přípojka VT– celkový pohled**6.19 Rail 2** přípojka VT – detail (vnější strana)

**6.20** Rail 2 přípojka VT – detail (střed)

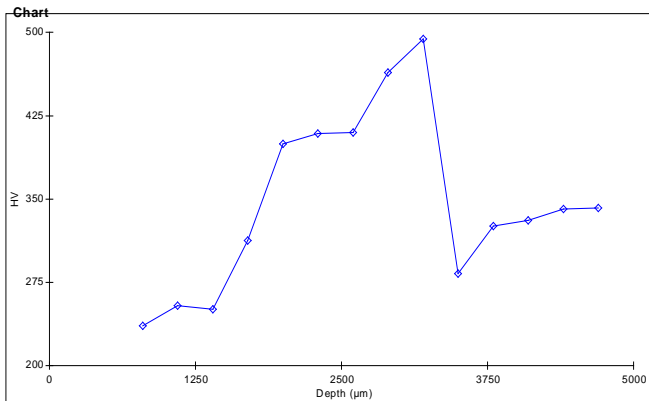
**6.21 Rail 3 úchytka-strana A**

Chart Values

Field #	Hardness HV	Depth μm	H Diag. μm	V Diag. μm
1	236	799.6	87.2	89.9
2	254	1099.6	85.5	85.6
3	251	1399.7	86.4	85.6
4	313	1699.7	77.7	76.3
5	400	1999.7	68.1	68.0
6	409	2299.8	67.2	67.6
7	410	2599.8	67.0	67.6
8	464	2899.8	64.2	62.2
9	494	3199.9	62.3	60.3
10	283	3499.9	81.4	80.6
11	326	3799.9	75.3	75.5
12	331	4100.0	75.0	74.7
13	341	4400.0	74.2	73.3
14	342	4699.5	74.2	73.1

Sample Statistics

Minimum:	236 HV	
Maximum:	494 HV	
Count:	14 of 14	
	Hardness	Depth
Eff.	550 HV	[out of range]
Total	0 HV	[out of range]

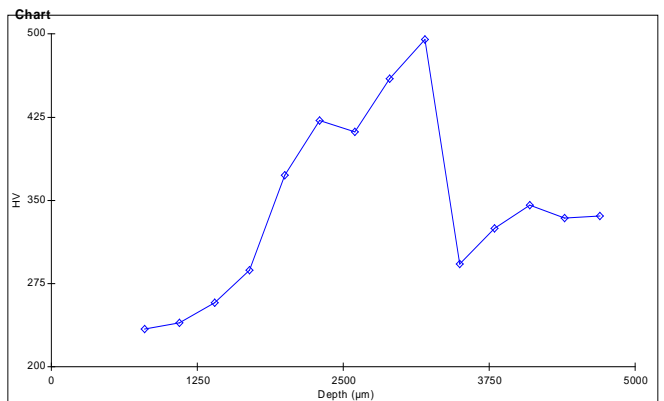
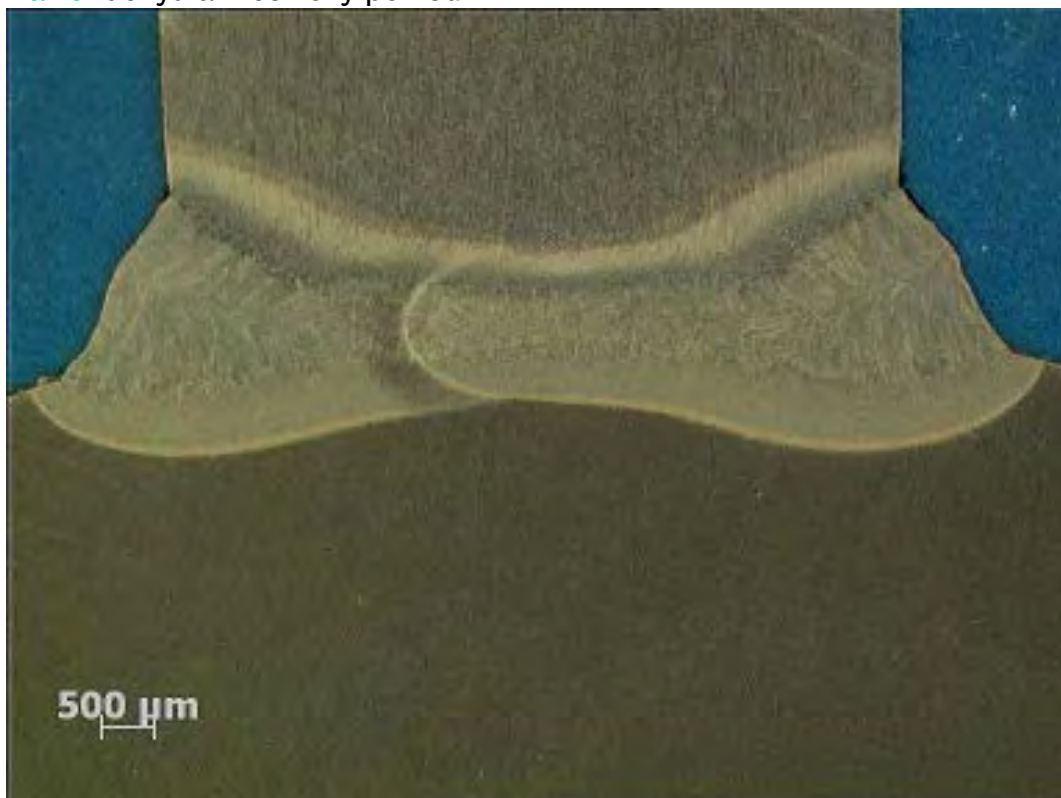
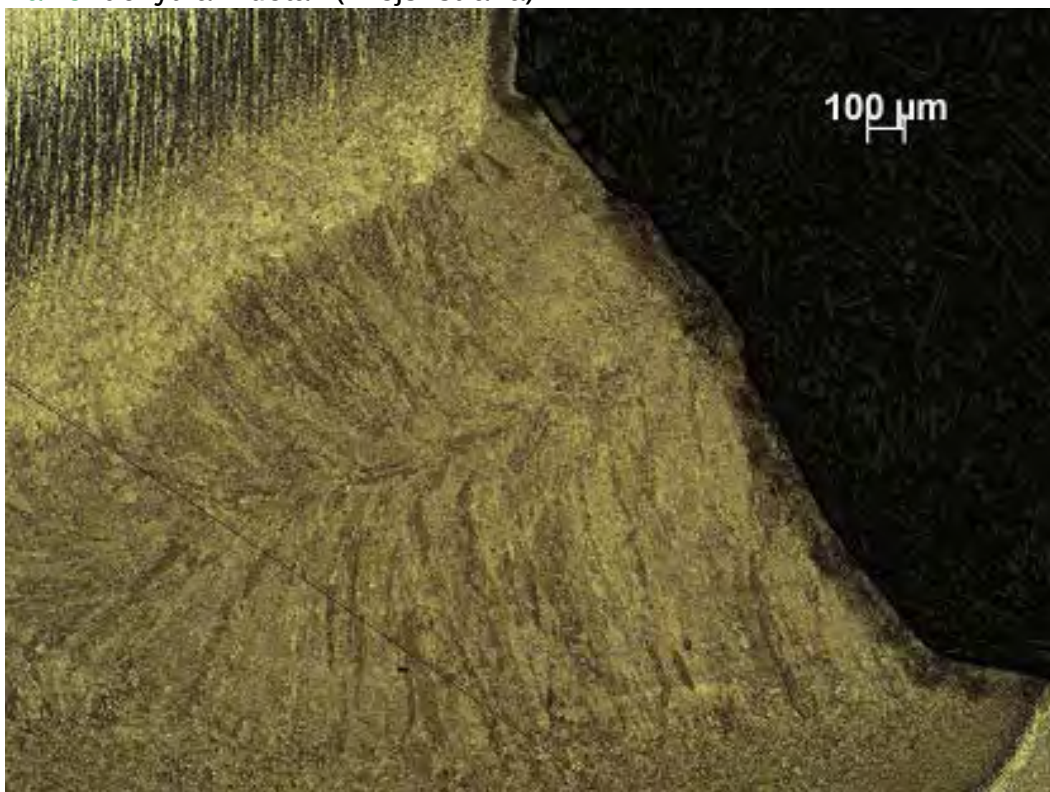
6.22 Rail 3 úchytka-strana B

Chart Values

Field #	Hardness HV	Depth μm	H Diag. μm	V Diag. μm
1	234	799.6	88.6	89.3
2	240	1099.7	87.2	88.5
3	258	1399.7	84.7	84.8
4	287	1699.8	79.8	81.0
5	373	1999.8	71.1	70.0
6	422	2299.9	65.8	66.8
7	412	2599.9	66.6	67.6
8	460	2900.0	62.5	64.4
9	495	3199.5	60.7	61.7
10	293	3499.5	78.8	80.2
11	325	3799.6	75.5	75.5
12	346	4099.6	74.0	72.5
13	334	4399.7	74.8	74.3
14	336	4699.7	75.0	73.7

Sample Statistics

Minimum:	234 HV	
Maximum:	495 HV	
Count:	14 of 14	
	Hardness	Depth
Eff.	550 HV	[out of range]
Total	0 HV	[out of range]

**6.23 Rail 3** úchytka – celkový pohled**6.24 Rail 3** úchytka – detail (vnější strana)

**6.25 Rail 3** úchytka – detail (střed)

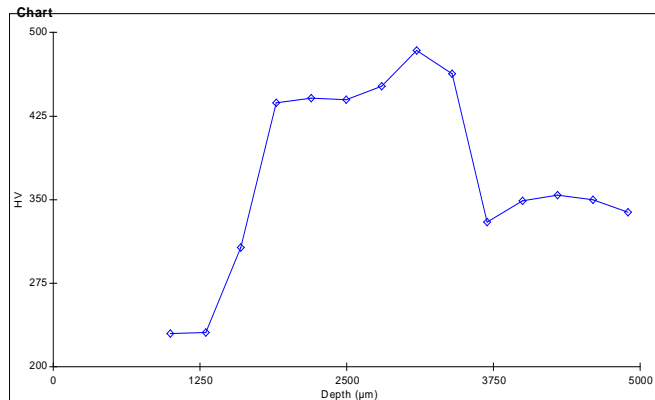
**6.26 Rail 3** přípojka VT-strana A

Chart Values

Field #	Hardness HV	Depth μm	H Diag. μm	V Diag. μm
1	230	1000.0	89.2	90.3
2	231	1300.0	89.8	89.3
3	307	1600.0	78.3	77.3
4	437	1900.0	64.8	65.4
5	441	2200.0	65.0	64.6
6	440	2500.0	64.8	65.0
7	452	2800.0	63.1	65.0
8	484	3100.0	61.5	62.2
9	463	3400.0	62.7	63.8
10	330	3700.0	74.8	75.1
11	349	4000.0	72.4	73.3
12	354	4300.0	72.4	72.3
13	350	4600.0	72.6	72.9
14	339	4900.0	74.0	73.9

Sample Statistics

Minimum:	230 HV	
Maximum:	484 HV	
Count:	14 of 14	
	Hardness	Depth
Eff.	550 HV	[out of range]
Total	0 HV	[out of range]

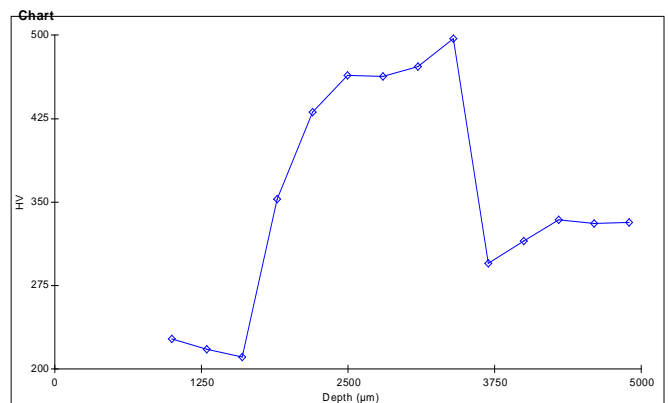
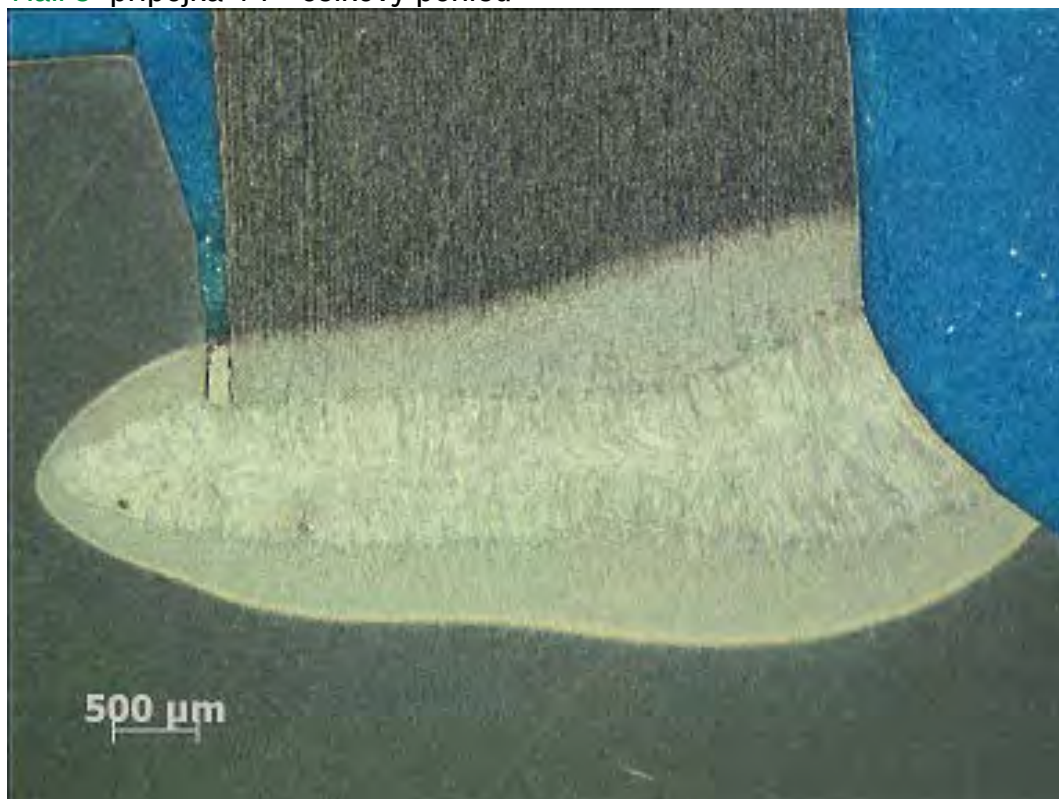
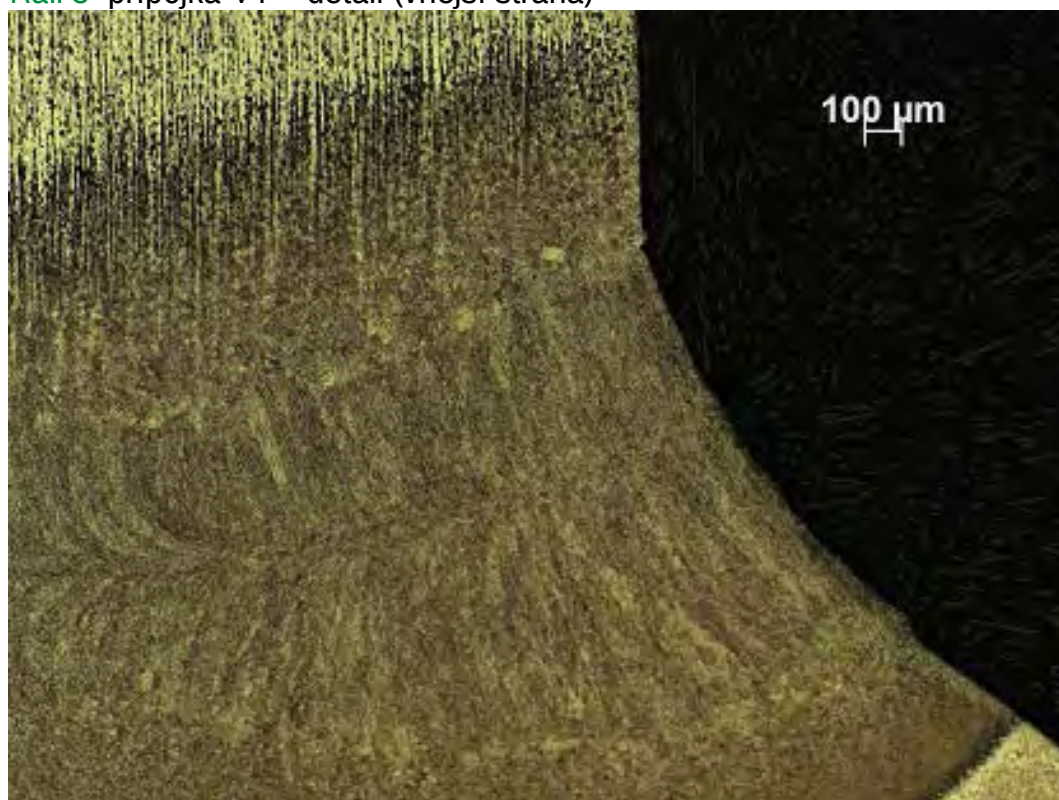
6.27 Rail 3 přípojka VT-strana B

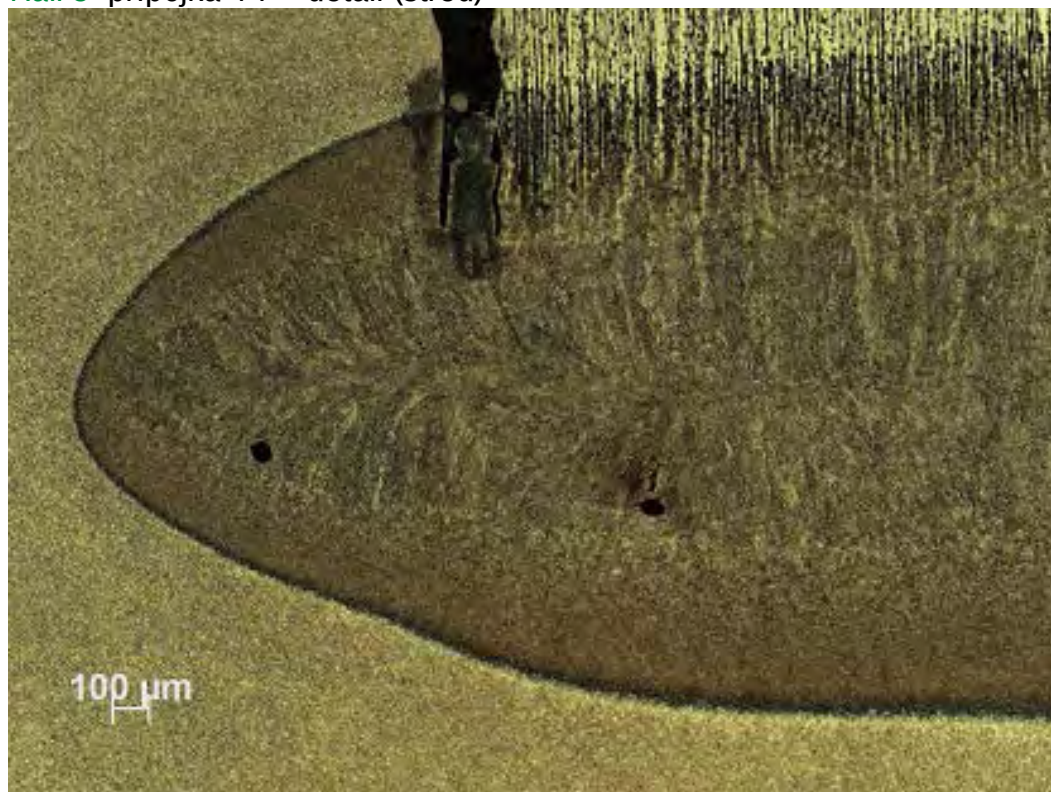
Chart Values

Field #	Hardness HV	Depth μm	H Diag. μm	V Diag. μm
1	227	999.5	91.1	89.7
2	218	1299.6	91.5	92.9
3	211	1599.6	93.5	94.1
4	353	1899.6	72.0	72.9
5	431	2199.6	65.2	66.0
6	464	2499.6	63.7	62.8
7	463	2799.7	63.5	63.0
8	472	3099.7	62.7	62.6
9	497	3399.7	62.1	60.1
10	295	3699.7	78.7	80.0
11	315	3999.7	76.7	76.7
12	334	4299.7	74.8	74.3
13	331	4599.8	75.2	74.5
14	332	4899.8	75.2	74.3

Sample Statistics

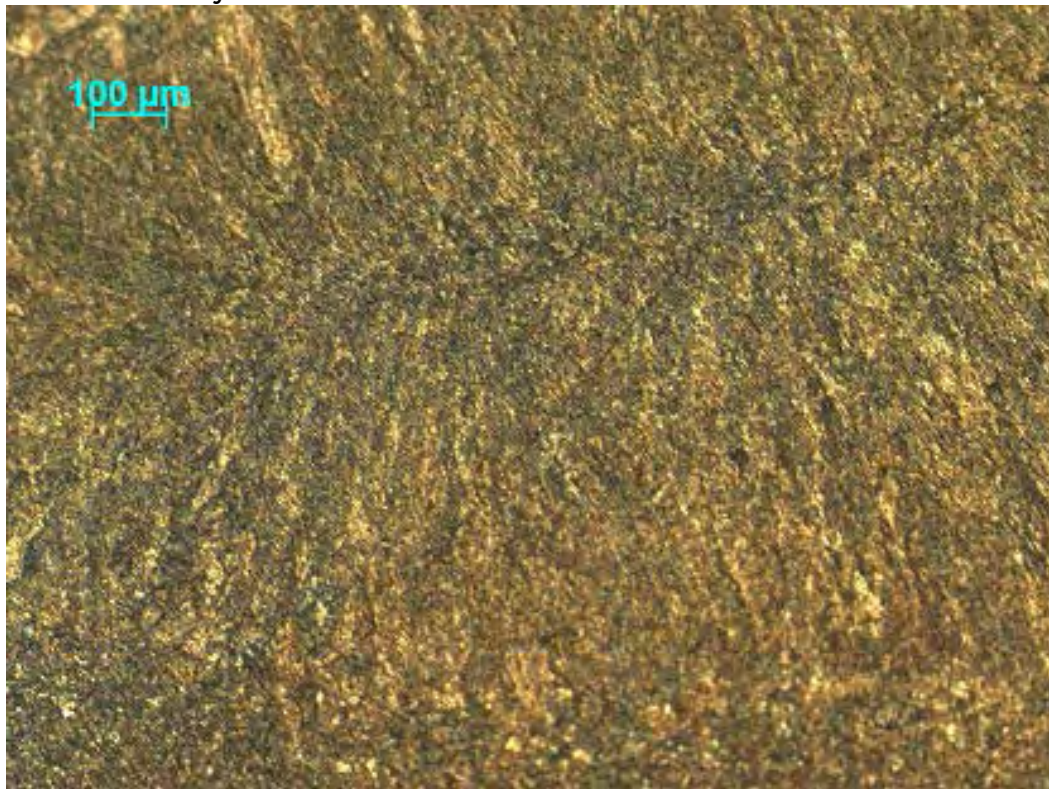
Minimum:	211 HV	
Maximum:	497 HV	
Count:	14 of 14	
	Hardness	Depth
Eff.	550 HV	[out of range]
Total	0 HV	[out of range]

6.28 Rail 3 přípojka VT – celkový pohled**6.29 Rail 3** přípojka VT – detail (vnější strana)

**6.30** Rail 3 přípojka VT – detail (střed)

**6.31** Detail struktury sváru

zvětšení 100x

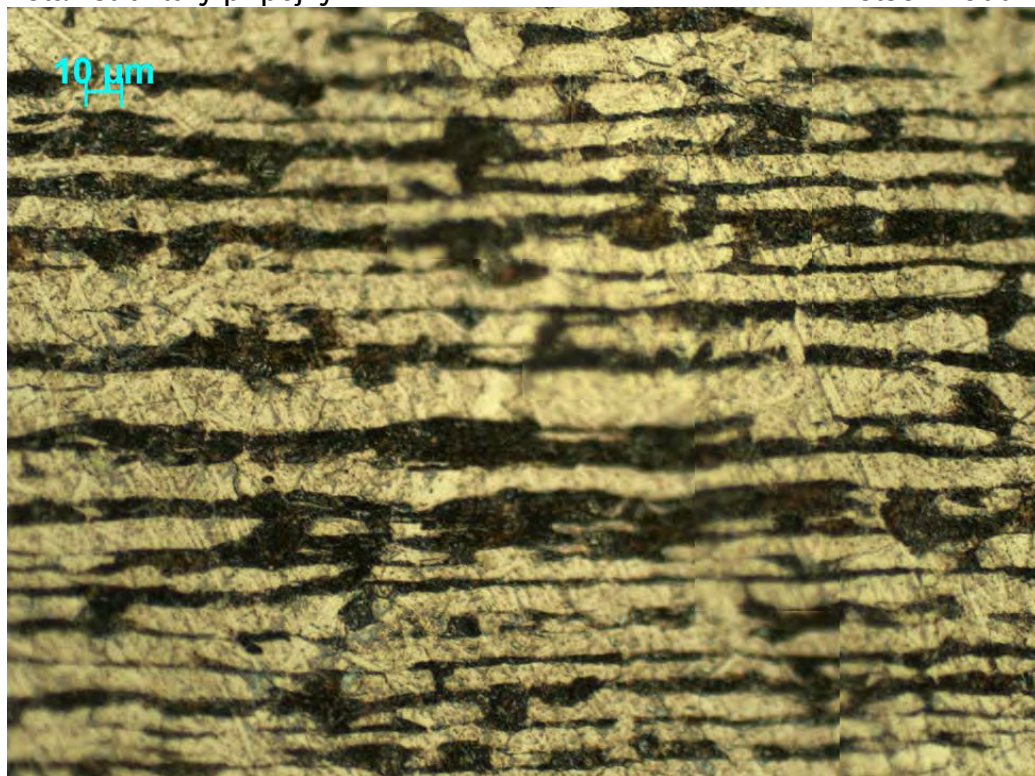
**6.32** Detail struktury úchytky

zvětšení 500x



**6.33** Detail struktury přípojky

zvětšení 500x

**6.34** Detail struktury tělesa railu

zvětšení 500x

